

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra Konstrukcí

Vícepodlažní obytný dům z materiálů na bázi dřeva

Multi-storey flat house made of wooden – based materials

Student:

Bc. Petra Adamčíková

Vedoucí diplomové práce:

Doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta stavební  
Katedra konstrukcí

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petra Adamčíková**

Studijní program: N3607 Stavební inženýrství

Studijní obor: 3607T037 Konstrukce staveb

Téma: **Vícepodlažní obytný dům z materiálů na bázi dřeva**  
**Multi-storey flat house made of wooden – based materials**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce vypracujte:

1. Vypracujte stručnou rešerši nosných systémů vícepodlažních obytných domů z materiálů na bázi dřeva.
2. Navrhněte dispoziční řešení pětipodlažního obytného domu s dřevěnou nosnou konstrukcí.
3. Navrhněte tři varianty nosného systému obytného domu z materiálů na bázi dřeva.
4. Pro zvolenou optimální variantu zpracujte návrh a posouzení vybraných rozhodujících nosných prvků a spojů, včetně ztužení a možného způsobu založení.
5. Zpracujte výkresovou dokumentaci pro stavební řízení (půdorysy, řezy, pohledy, detaily) ve vhodném měřítku.
6. Posuďte požární odolnost rozhodujících nosných prvků.
7. Navrhněte způsob montáže nosného systému obytného domu.

Seznam doporučené odborné literatury:

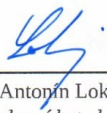
- 1) ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- 2) ČSN EN 1995-1-2: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-2: Navrhování konstrukcí na účinky požáru.
- 3) Blass, H. J. a kol.: Dřevěné konstrukce podle EUROKÓDU 5. STEP 1. Navrhování a konstrukční materiály. Vydal Koželouh, B. – KODR Zlín, 1998.
- 4) Blass, H. J. a kol.: Dřevěné konstrukce podle EUROKÓDU 5. STEP 2. Navrhování detailů a nosných systémů. Vydal Informační centrum ČKAIT, 2004.
- 5) Natterer, J. O. et al., Holzbau Atlas, Birkhauser – Verlag für Architektur, 2003, Basel, Schweiz, ISBN 3-7643-6984-1
- 6) Příručka 1 a 2, <http://fast10.vsb.cz/temtis/cz>, 2008.
- 7) Dřevostavby a dřevěné konstrukce I. a II. díl, CERM Akademické nakladatelství Brno, 2010.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.**

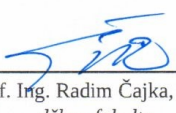
Datum zadání: 28.02.2017

Datum odevzdání: 01.12.2017



---

doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.  
vedoucí katedry



---

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.  
děkan fakulty

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....

podpis studenta

### **Prohlašuji, že**

- jsem byla seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb.- autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

## ANOTACE

Cílem této diplomové práce je navrhnout hlavní nosnou konstrukci vícepodlažního obytného domu z materiálů na bázi dřeva. K tomu je zapotřebí vytvořit výpočtový model, který je následně zatížen sněhem, větrem, stálým a užitným zatížením. Navržené hlavní nosné prvky je nutné posoudit staticky a na účinky požáru. Posouzeny jsou i jejich spojovací prostředky. Součástí výpočtu je také návrh složení obvodových stěn, stropní a střešní konstrukce a příček. Dále je navrženo a posouzeno založení stavby. V poslední části je popsán postup montáže navrhnutého obytného domu. V práci jsou také popsány historické a současné nosné systémy vícepodlažních domů na bázi dřeva a dispoziční řešení navrhnutého obytného domu.

### ***Klíčová slova:***

*Dispoziční řešení, hrázďená stavba, materiály na bázi dřeva, nosný systém, obytný dům, patka, požární odolnost, průvlak, rámová stavba, skeletová stavba, sloup, spoj, srubová stavba, stavba z masivního dřeva, stropnice, zatížení, ztužení*

## ABSTRACT

The aim of this thesis is to design mainload-bearing construction of multi-storey flat house made of wooden-based materials. It is necessary to create model of computation, which is loaded with snow, wind, dead load and life load. Designed main load-bearing components are considered statically and considered for fire effects. Their connecting components are considered too. The project of peripheral walls, ceiling and roof construction and partitions is also part of computation. The foundation of the building is designed and considered. The last part of the thesis describes the process of the assembling of designed flat house. The thesis also deals with the historical and contemporary load-bearing systems of multi-story flat houses made of wooden-based materials and layout of the multi-storey flat house.

### ***Key words:***

*Layout, half-timbered, wooden-based materials, load-bearing system, flat house, foot, fire resistance, drawing die, frame building, skeletal building, column, joint, log building, building of the massive wood, ceiling joint, load, bracing*

# OBSAH

1. Úvod .....	1
2. Rešerše nosných systémů vícepodlažních domů na bázi dřeva .....	2
2.1 Srubové stavby .....	2
2.2 Hrázděné stavby .....	3
2.3 Balloon-Frame a Platform-Frame .....	4
2.3.1 Balloon-Frame .....	5
2.3.2 Platform-Frame .....	5
2.4 Rámové stavby .....	5
2.5 Skeletové stavby .....	7
2.5.1 Sloup a dvojité nosník .....	9
2.5.2 Dvojitý sloup a nosník .....	9
2.5.3 Sloup a na něm uložený nosník .....	9
2.5.4 Sloup a přilehlý nosník .....	10
2.5.5 Vidlicový sloup .....	10
2.6 Stavby z masivního dřeva .....	10
2.6.1 Křížově slepené řezivo .....	12
2.6.2 Vrstvené řezivo .....	12
2.6.3 Křížově kolíkové dílce .....	13
2.6.4 Materiály na bázi dřeva .....	13
2.6.5 Příčné lepení s mezerami .....	14
2.6.6 Dřevěný modulový-zásuvný systém .....	14
3. Nosný systém .....	15
4. Dispoziční řešení .....	18
5. Skladby a jejich hmotnosti .....	21
5.1 Obvodová stěna .....	21
5.2 Mezibytová příčka .....	24
5.3 Příčka v bytě .....	25
5.4 Předsazená stěna spřažená s betonovým jádrem schodiště .....	26
5.5 Podlaha na terénu .....	27
5.7 Stropní konstrukce .....	28
5.8 Střešní konstrukce .....	30

5.9 Posouzení dělicích konstrukcí na tepelnou prostupnost.....	31
6. Zatížení.....	32
6.1 Zatížení sněhem.....	32
6.2 Zatížení větrem.....	33
6.3 Zatížení stálé .....	38
6.4 Zatížení užité .....	39
7. Návrh nosné konstrukce a ztužení.....	40
7.1 Stropnice stropní konstrukce .....	40
7.1.1 Vstupní hodnoty .....	40
7.1.2 Vnitřní síly.....	43
7.1.3 Posouzení napětí v mezním stavu únosnosti .....	44
7.1.4 Posouzení průhybu stropnice .....	45
7.1.5 Kmitání .....	46
7.1.6 Posouzení únosnosti hřebíkového spoje bez předvrtání.....	48
7.1.7 Posouzení vzdáleností a roztečí spojovacích prostředků .....	50
7.1.8 Posouzení stropnice na účinky požáru .....	52
7.2 Průvlak stropní konstrukce.....	54
7.2.1 Vstupní hodnoty .....	54
7.2.2 Vnitřní síly.....	56
7.2.3 Posouzení napětí v mezním stavu únosnosti .....	59
7.2.4 Posouzení průhybu průvlaku .....	59
7.2.5 Napojení stropnice na průvlak.....	60
7.3 Stropnice střešní konstrukce.....	63
7.3.1 Vstupní hodnoty .....	63
7.3.2 Vnitřní síly.....	66
7.3.3 Posouzení napětí v mezním stavu únosnosti .....	67
7.3.4 Posouzení průhybu stropnice .....	68
7.3.5 Posouzení únosnosti vrutového spoje .....	69
7.3.6 Posouzení vzdáleností roztečí spojovacích prostředků .....	72
7.4 Průvlak střešní konstrukce .....	73
7.4.1 Vstupní hodnoty .....	74
7.4.2 Vnitřní síly.....	75



7.4.3 Posouzení napětí v mezním stavu únosnosti .....	78
7.4.4 Posouzení průhybu průvlaku .....	79
7.4.5 Napojení stropnice na průvlak .....	80
7.5 Sloup .....	82
7.5.1 Vstupní hodnoty .....	83
7.5.2 Vnitřní síly .....	85
7.5.3 Posouzení napětí v mezním stavu únosnosti .....	86
7.5.4 Stlačení sloupu .....	86
7.5.5 Posouzení na požární únosnost .....	88
7.6 Ztužení .....	89
7.6.1 Vstupní hodnoty .....	90
7.6.2 Vnitřní síly .....	92
7.6.3 Posouzení napětí v mezním stavu únosnosti .....	92
7.6.4 Spoj průvlaku s koncem ztužidla .....	93
7.7 Spoj sloupu a průvlaku .....	97
7.7.1 Posouzení ocelové desky .....	97
7.7.2 Posouzení svorníků v průvlaku .....	98
7.7.3 Posouzení svorníků ve ztužidlu .....	101
7.9 Základová patka .....	104
7.9.1 Zatížení vstupující do základů .....	104
7.9.2 Vlastnosti zeminy .....	105
7.9.2 Posouzení únosnosti základové půdy .....	106
Patní plech a kotevní šrouby .....	107
Spoj sloupu s patkou .....	109
8. Postup montáže .....	113
8.1 Zemní práce .....	113
8.2 Zakládání .....	113
8.3 Nosná konstrukce .....	113
8.4 Dělicí prvky .....	114
8.5 Dokončovací práce .....	114
9. Závěr .....	115
POUŽITÁ LITERATURA .....	116

PŘÍLOHY .....	118
---------------	-----

# 1. ÚVOD

Dřevo je tradiční, ekologický a obnovitelný materiál, který se používá k výstavbě domů již celá staletí. Dřevo bylo v minulosti nahrazeno cihlami, a tak nastal útlum v jeho užívání. V současné době je výstavba dřevostaveb opět na vzestupu kvůli rozvoji materiálů na bázi dřeva. Dřevostavby jsou velice rozšířené ve Skandinávii, alpských zemích a Severní Americe, kde mají dřevostavby dlouholetou tradici. Vícepodlažní dřevostavby jsou v zahraničí běžné. V České republice je výška vícepodlažních domů omezena dvanácti metry. Jedná se o vzdálenost podlahy prvního nadzemního podlaží k podlaze posledního podlaží. Při konstrukční výšce jednoho patra tři metry, je tedy možno postavit dům s maximálně pěti nadzemními podlažími. Toto omezení vychází ze strachu šíření požáru konstrukčními dutinami a obav z pozdějšího selhání nosné konstrukce v důsledku skrytého doutnání.

Při navrhování dřevostavby tedy musíme konstrukci posoudit na požární odolnost hlavních nosných konstrukcí a brát v potaz únikové cesty. Požární odolnost je možno zvýšit instalováním sádkokartonových desek, které patří do kategorie nehořlavých materiálů. Tyto desky také zvyšují vzduchovou a kročejovou neprůvzdušnost. Je nutno tyto konstrukce posoudit na tepelnou prostupnost.

Výhodami dřevostaveb je při využití prefabrikace rychlá výstavba. Výstavba probíhá takzvanou suchou cestou. To znamená, že výstavba může probíhat během celého roku. Přírodní materiál působí pozitivně na vnitřní mikroklima. Je také velmi jednoduché změnit vnitřní dispozici. Při demolici je naprostá většina materiálů ekologicky recyklovatelná.

Cílem této práce je navrhnout pětipodlažní obytný dům na bázi dřeva s možným dispozičním řešením. Posouzeny budou důležité nosné části konstrukce, jako jsou stropnice, hlavní nosníky, ztužení a sloupy. Součástí této práce je také posouzení spojovacích prostředků a posouzení na požární odolnost. V posledním kroku je popsán postup montáže této dřevostavby.

## 2. REŠERŠE NOSNÝCH SYSTÉMŮ VÍCEPDLAŽNÍCH DOMŮ NA BÁZI DŘEVA

Vícepodlažní dřevěné stavby mají ve střední Evropě tradici. Prvními vícepodlažními stavbami ze dřeva byly srubové a hrázděné budovy. V Americe se hrázděné stavby vyvinuly na systémy Balloon-Frame a Platform-Frame. Tyto systémy jsou dnes používány převážně pro jedno a dvoupodlažní domy. Ve střední Evropě však vývoj dále nepokračoval a dřevostavby vymizely z podvědomí.[2]

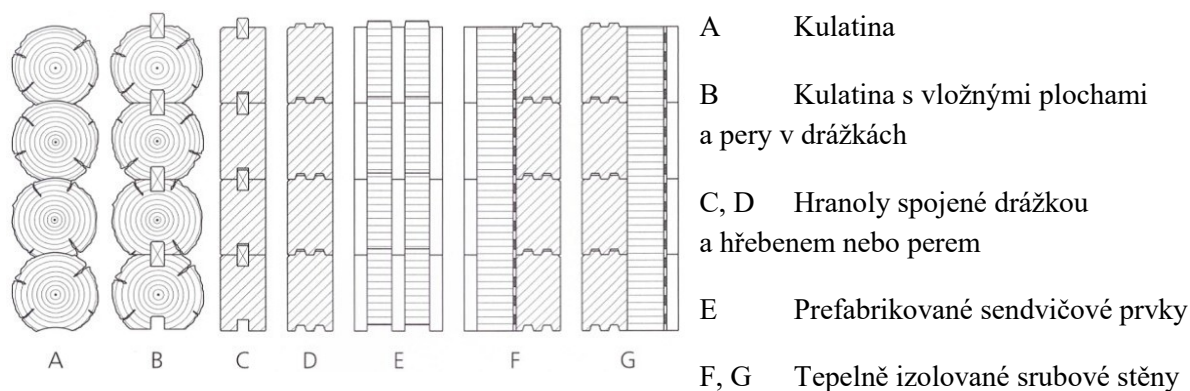
V posledních letech však dochází ke znovuobjevování dřeva jako konstrukčního materiálu obytných budov. Nové konstrukční typy a systémy, zvukové izolace a nové interpretace protipožárních předpisů zajišťují atraktivitu tohoto stavebního materiálu.[2]

### 2.1Srubové stavby

Srubové stavby patří mezi nejstarší dřevostavby, ale ještě dnes jsou tyto stavby zřizovány a to hlavně v horských oblastech (*Obr. 2.1*). Stavba je tvořena kulatinou, hranoly spojenými drážkou nebo lepenými sendvičovými prvky, vývoj můžeme vidět na obrázku (*Obr. 2.2*). Dříve byl plášť budovy tvořen pouze jednou vrstvou, která měla funkci obkladovou, nosnou a prostorovou. Dnes jsou na konstrukce požadovány vyšší nároky, proto se plášť srubové stavby skládá z více vrstev, které plní různé úkoly.[2]



*Obr. 2.Chyba! V dokumentu není žádný text v zadaném stylu.1 Srubová stavba[6]*



*Obr. 2. Chyba! V dokumentu není žádný text v zadaném stylu.2 Vývoj srubových staveb [2]*

Srubové stavby nejsou vhodné pro vícepodlažní výstavbu, je to z důvodu velké spotřeby dřeva a pracnosti. Dalším problémem je velké sedání, které může činit až 25 mm pro každé poschodí.[2]

## 2.2 Hrázděné stavby

Hrázděné stavby se vyvinuly v místech, kde dřevo nebylo k dispozici v takovém množství, jaké bylo potřeba pro srubové stavby. Dřevěná konstrukce přenáší svislé zatížení, smykovou pevnost zajišťuje vyzdívka tvořená zdivem, hliněnou maltou nebo kameny (*Obr. 2.3*). Hlavní nosná konstrukce zůstává viditelná.[2]



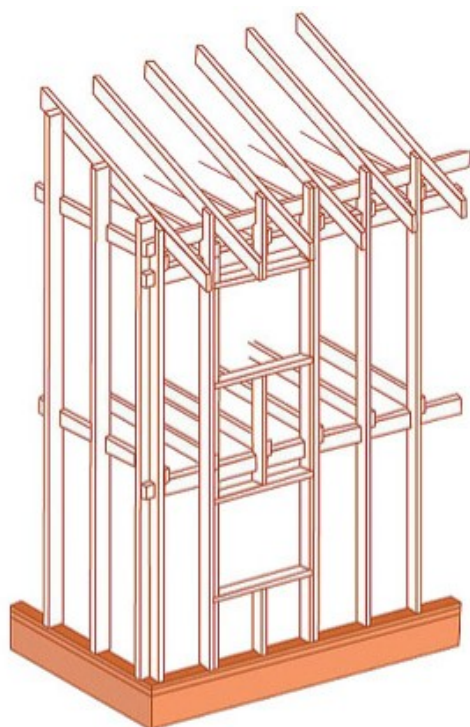
*Obr.2.3 Hrázděná stavba[4]*

V dnešní době se vícepodlažní hrázděné budovy nestaví. Zajištění dřeva, udržování viditelných hrázděných konstrukcí a snaha o zabránění sedání činí tento konstrukční systém konstrukčně a ekonomicky nevýhodný. [2]

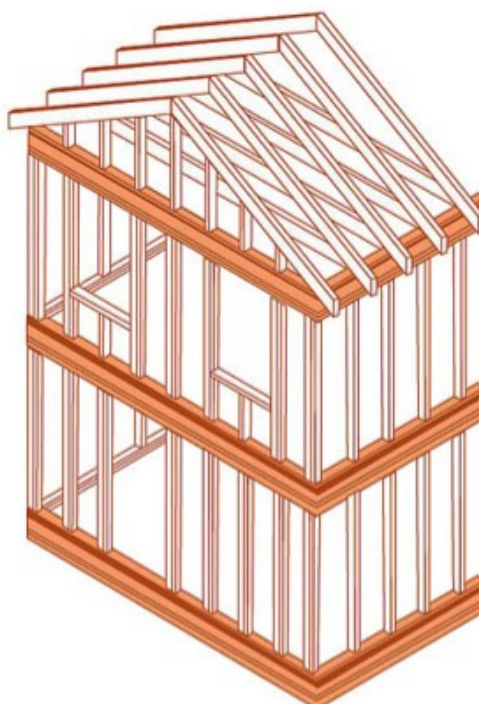
## 2.3 Balloon-Frame a Platform-Frame

S požadavkem na rychlou výstavbu se ve Spojených státech Amerických vyvinuly ze staveb hrázděných tyto žebrové stavební systémy. Konstrukce vytvořené systémem balloon a platform frame jsou tvořeny sloupky postavenými v malých vzdálenostech a vyztuženy.

Charakteristickými znaky sloupkových staveb je těsná vzdálenost sloupků, štíhlé, ale vysoké průřezy, budova je vyztužena pláští a v důsledku malé prefabrikace také vysoká pracnost na staveništi. Při výstavbě vícepodlažních staveb musíme také dbát na ochranu proti povětrnosti a vytvořit konstrukci tak, aby bylo zabráněno sednutí. [2]



*Stěna systému Balloon-Frame  
(sloupkový systém)*



*Stěna systému Platform-Frame  
(plošinkový systém)*

*Obr. 2.4 Nosná kostra stavby [15]*

### ***2.3.1 Balloon-Frame***

Balloon-Frame jinak také nosná konstrukce s průběžnými sloupky. Sloupky procházejí průběžně přes dvě a více podlaží. Stropní nosníky jsou uloženy na stojaté fošně, která je zapuštěna do zářezů stěnových sloupků. [2]

### ***2.3.2 Platform-Frame***

Charakteristickým znakem Platform-Frame je poschod'ová skladba. Pro jedno a dvoupodlažní domy se v Severní Americe využívá tento systém dodnes. Oproti systému Balloon-Frame je sloupek na výšku jednoho podlaží. Plošina se během výstavby používá jako pracovní a výrobní místo. Systém umožňuje standardizaci a prefabrikaci. Způsob stavění je flexibilní.[2]

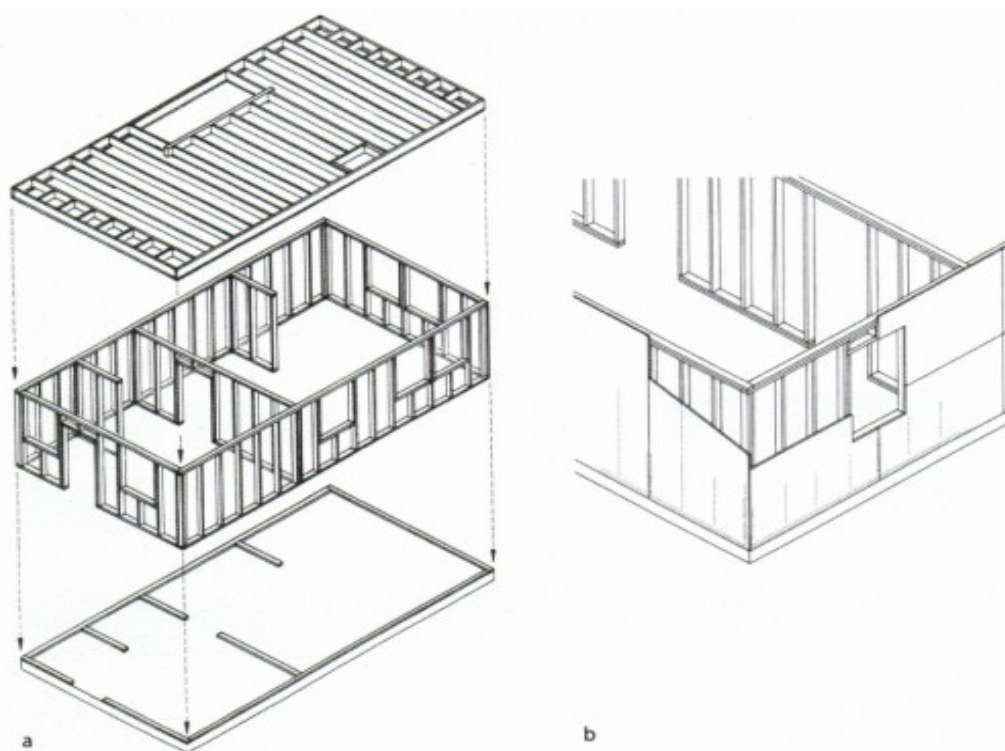
## **2.4 Rámové stavby**

Ze sloupkového systému Platform-Frame se ve střední Evropě vyvinula dnešní konstrukce rámové stavby. V současné době, se jedná o nejběžnější stavební typ dřevostaveb pro rodinné domy. Nosný dřevěný rám z přířezů jednotného profilu na výšku jednoho podlaží je ztužen pomocí opláštění. Nosné stojky jsou zespodu a shora připevněny na horní a dolní pás, čímž vznikne jakýsi rám. Tyčová nosná konstrukce přenáší zatížení vzniklá svislými silami, opláštění pak slouží k přenosu vodorovného zatížení. [3]

Rámové stavby jsou velmi oblíbené především pro svou rychlou a suchou montáž. Prefabrikované dílce jde na stavbě smontovat za jeden až dva dny. Výhodou je také vysoká variabilita dispozičního a architektonického řešení. Důležité je již při návrhu brát ohled na velikost jednotlivých dílců a tím spojené přepravní podmínky.

Dřevěná kostra může vzniknout také přímo na místě takzvanou staveništní montáží. Výhodou tohoto způsobu montáže je zbavení se požadavku na prostor pro provádění přípravných prací. Manipulace dřevěných prvků v nechráněném vnějším prostředí a prodloužení doby výstavby způsobují degradaci dřeva a proto patří k velkým nevýhodám tohoto způsobu montáže.





*Obr. 2. Chyba! V dokumentu není žádný text v zadaném stylu. 5 a) dřevěná kostra rámové stavby, b) výztužné opláštění [3]*

Rámové dřevostavby jsou charakteristické malou vzdáleností stojek malých průřezů. Používaný rozměr profilů v dnešní době pro jedno a dvoupodlažní obytné domy je 60 x 180 mm – kvůli tepelné izolaci obvodových stěn. Svislé stojky jsou pravidelně rozmístěny v osových vzdálenostech v rozmezí 400 až 625 mm. U vícepodlažních nebo jiných speciálních budov se rozměry musí stanovit pomocí statického výpočtu. Stojky a pás jsou tvořeny z vysušeného hoblovaného řeziva. Opláštění pak tvoří velkoplošné materiály jako OSB nebo dřevovláknité desky. Prostor vzniklý mezi deskami a stojkami je vyplněn izolací. Míru sednutí ovlivňuje podíl vodorovně zabudovaných dřevěných prvků. Čím více jich je, tím větší pozornost se vyžaduje.

V moderních rámových stavbách je izolace vytvořená ve dvou úrovních. První úroveň je v rovině nosné konstrukce a druhá je připojena z venku na nosné prvky jako tzv. venkovní izolace. Snažíme se vyloučit kombinaci různých materiálů. [2]





*Obr. 2.6 Třípodlažní dřevostavba motelu v Hesensku [17]*

## 2.5 Skeletové stavby

Skeletové stavby se řadí mezi jedny z nejstarších druhů konstrukcí. Nosná kostra skeletové stavby je vytvořena z tyčových prvků. S rostoucím zájmem o vícepodlažní konstrukce, získaly skeletové stavby znovu svou důležitost, kterou ještě zdůraznil vývoj prutových prvků na bázi dřeva a technika jejich spojování.



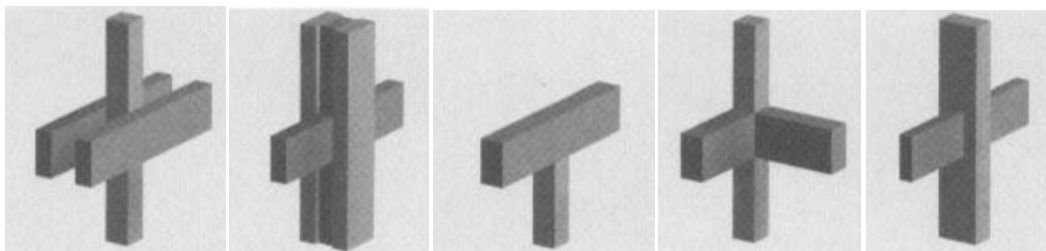
*Obr. 2. Chyba! V dokumentu není žádný text v zadaném stylu. 7 Skeletová konstrukce z lepeného lamelového dřeva s ocelovými styčníky[18]*

Na rozdíl od rámových staveb je nosná kostra oddělena od prvků, které uzavírají prostor. Hlavní nosná konstrukce se skládá z tyčových prvků a přejímá zatížení od vedlejší nosné konstrukce a odvádí jí do základů. Vedlejší nosné konstrukce pak přenášejí zatížení ze stěn, stropů, střech do hlavních nosníků. Z důvodu, že stěny nemusí přenášet žádná zatížení, je možné používat velkoplošná okna a prosklené plochy.[2]

Plášť konstrukce může být umístěn vně, mezi nebo uvnitř nosné konstrukce. Aby nedocházelo k tepelným mostům, doporučuje se umístit plášť zvenčí nosné konstrukce. Výhodou skeletových staveb, je možnost kombinace s různými stavebními materiály a to především s železobetonem, nebo ocelí. Skeletové stavby umožňují větší rozpětí než ostatní systémy, a tím je poskytnuta větší volnost půdorysnému řešení.[2] Nevýhodami jsou náročnější statické výpočty, nutná přítomnost těžké techniky a z toho vyplývající vyšší pořizovací náklady.

Pro hlavní nosnou konstrukci se většinou používá lepené lamelové dřevo. Vedlejší nosná konstrukce je tvořena z jednotlivě zabudovaných nosných prvků nebo prefabrikovaných stavebních dílců. Svislé ztužení je zajištěno ocelovými kříži, diagonálami z rostlého dřeva, deskami na bázi dřeva nebo masivními vestavbami jako jsou schodiště nebo požární stěny. Vodorovné ztužení je pak tvořeno zavětrovacími pásy, diagonálami z ploché oceli nebo deskami na bázi dřeva. [2]

Skeletové stavby se navrhují ve vodorovném a většinou i ve svislém rastru. S větším půdorysným rastrem se zvyšuje spotřeba dřeva, avšak náklady na dřevěný skelet klesají. Rozměr rastru se stanovuje podle úvah týkajících se návrhu, okolí, řešení stavby a konstrukčních úvah. Existuje pět základních nosných systémů konstrukce (Obr. 2.5), které jsou voleny podle zvoleného půdorysného rastru, působícího zatížení a architektonického řešení.[2]



*Obr.2.8Chyba! V dokumentu není žádný text v zadaném stylu. Základní nosné systémy skeletových staveb zleva- sloup a dvojitý nosník, dvojitý sloup a nosník, sloup a na něm uložený nosník, sloup a přilehlý nosník, vidlicový sloup [2]*

### **2.5.1 Sloup a dvojitý nosník**

Sloup a dvojitý nosník jinak také kleštinový je systém, který se skládá z jednoduchého sloupu, který může procházet více patry, a průběžných hlavních nosníků, které jsou vytvořeny jako kleštiny. Vedlejší nosná konstrukce se ukládá na hlavní nosníky, což způsobuje větší tloušťku mezipatrového prostoru. Připojením vnitřních stěn a fasády na skelet dochází ke složitým detailům. Dřevěné konstrukce nesmí být vystaveny povětrnostním vlivům, aby nebyla nutná chemická ochrana konstrukce. [11]

Tento systém je vhodný pro dvou a vícepatrové budovy. Kleštiny mohou být připojeny na sloupy v libovolné výšce. V obou směrech jsou možné přečnávající konce. Připojení hlavního nosníku na sloup je možné pomocí přesných svorníků a šroubů, vkládaných hmoždíků, ocelových profilů nebo lepením na plát.[2]

### **2.5.2 Dvojitý sloup a nosník**

Tento způsob konstrukce se často užívá z architektonických důvodů. Velká štíhlost dílčích částí sloupu vyžaduje použití vložek, které mohou sloužit jako podpěra pro nosníky. Stejně jako u sloupu s dvojitým nosníkem je možno vytvořit přečnávající konce v obou směrech, platí však stejné pravidlo, že nesmí být vystaveny povětrnostním vlivům, nebo musí být chemicky ošetřeny. Malé průřezové rozměry jsou problematické z hlediska požární odolnosti a je často nutné průřezy zvětšit. [11]

Konstrukce stropu může být uložena na hlavní nosník uloženy shora nebo je možno konstrukci stropu uložit ve stejné rovině jako hlavní nosníky, čímž dojde ke snížení konstrukční výšky stropu. Pro přípoj nosníku k hlavnímu nosníku se většinou využívá čepů, prvků z ocelových plechů nebo uložení na hlavní nosník.[2]

### ***2.5.3 Sloup a na něm uložený nosník***

Jedná se o jednoduchý konstrukční systém, který je vhodný pro jednopodlažní domy s plochou střechou. U tohoto systému je spojitý nebo prostě podepřený hlavní nosník uložen přímo na sloupu. Vedlejší nosníky jsou pak na hlavní nosník uloženy nebo zavěšeny ve stejné úrovni mezi nimi. Přenos zatížení je zajištěn kontaktním tlakem a je proto důležité přesné lícování ve spáře.[11] Jako konstrukční zajištění lze použít zářez a čepové spoje, vlepené závitové tyče, plochou ocel se zapuštěnými plechy a přesnými svorníky, šrouby Simplex nebo sedlo z tvrdého dřeva a boční příložky. [2]

### ***2.5.4 Sloup a přilehlý nosník***

Systém se skládá z průběžného sloupu a hlavních nosníků, které působí jako prosté nosníky. Sloup i hlavní nosníky leží ve stejné rovině. Výhodou tohoto systému je možnost připojení hlavních nosníků na sloup ze všech čtyř stran, ve stejné nebo libovolné výšce. K připojení hlavních nosníků ke sloupům je možno využít profilových plechů, příchytěk nosníků nebo desek z ploché oceli a přesných svorníků.[2]

Tento typ systému je vhodný hlavně pro stavby, které mají nosný skelet uložený na vnitřní straně pláště budovy. K průnikům pláště vodorovnými nosníky nedochází. Výhodou je rychlá montáž s vysokou únosností. [2]

### ***2.5.5 Vidlicový sloup***

Hlavní konstrukce je tvořena jednodílným spojitým nosníkem uloženým na sloupech, které mají výšku jednoho podlaží. Sloupy jsou vzájemně spojeny přes boční vidlice. To zajišťuje polohu hlavních nosníků a přenos svislých zatížení. Zatížení u vícepodlažních budov se přenáší bočními patkami. Z toho vyplývá, že bobtnání bude po celé výšce budovy minimální a mohou být přenášena větší zatížení, protože podélný dřevěný prvek má vyšší pevnost. [2]

## 2.6 Stavby z masivního dřeva

Základem pro dnešní stavby z masivního dřeva byly stavby srubové a roubené. Konstrukční prvky jsou z masivního dřeva nebo z desek na bázi dřeva a přenášejí zatížení přímo do základů. Dílce jsou tvořeny vrstvou dřeva, která je oddělena od izolační vrstvy a tvoří nosnou část. Dřevěné bloky jsou vyrobeny skládáním nebo vrstvením jednotlivých přířezů. Spojení je vytvořeno lepením nebo pomocí takzvaných tyčových spojovacích prostředků. [3]

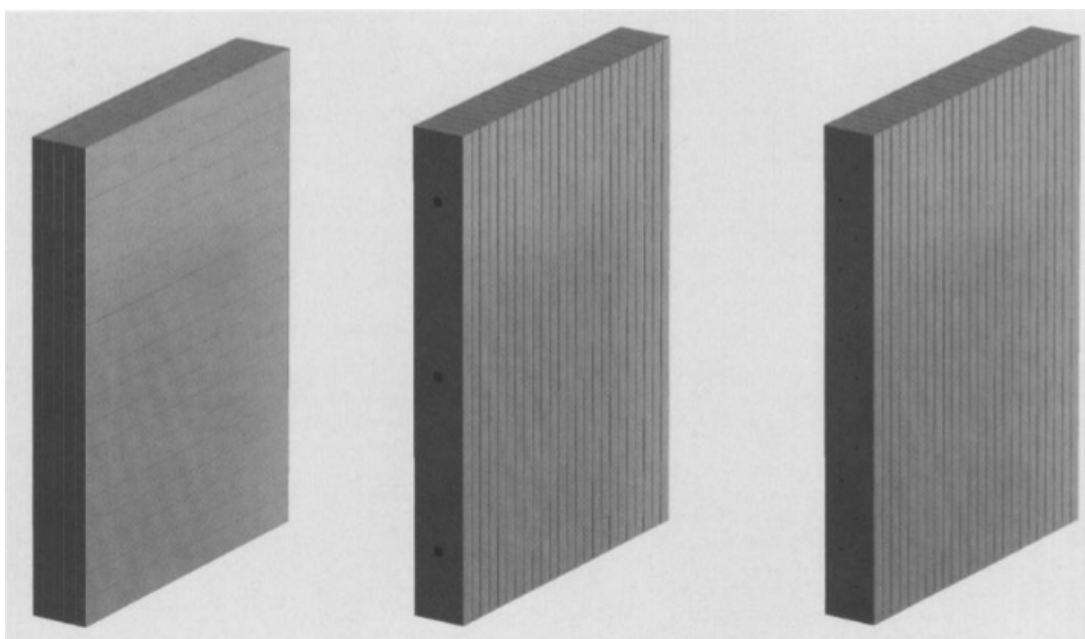
Stavby se skládají ze stěnových, stropních nebo střešních prvků. Ty jsou vyráběny ve výrobě, poté jsou dovezeny na staveniště, kde jsou smontovány. Dále je celá konstrukce zateplena izolační vrstvou, která je umístěna na vnější stranu plošného prvku a opatřena povrchovou úpravou. Výhodou tohoto systému je realizace bez parozábrany v obvodovém plášti, což příznivě ovlivňuje mikroklima v interiéru. [3]



*Obr. 2.9 Stavba z masivního dřeva [20]*



Za stavby z masivního dřeva jsou považovány ty stavby, kde masivní podíl nosné konstrukce činí nejméně 50%. Pro vícepodlažní stavby je nutno zvolit takový statický systém, který je odolný sednutí. Různé druhy systémů můžeme vidět na obrázku (Obr.2.10). Jako surovina se používají lamely z jehličnatého dřeva, nebo z materiálu na bázi dřeva u velkorozměrných konstrukčních prvků. Vlhkost dřeva při zabudování musí odpovídat ustálené vlhkosti, která se u obytných domů pohybuje okolo 12%. [2]



*Obr. 2.10 Přehled plných průřezů, zleva- Křížově slepené řezivo, Vrstvené řezivo-spojované kolíky z jednotlivých vrstev, spojované hřebíky z jednotlivých vrstev [2]*

### **2.6.1 Křížově slepené řezivo**

Prvky vznikají slepením několika vrstev na sebe kolmých prken z jedlového nebo smrkového dřeva. Křížově slepené desky jsou tvorově stálé, to znamená, že ve směru hlavním a vedlejším vykazují jen nízké sesychání a bobtnání. Mohou přenášet zatížení v obou směrech. Tloušťka desek se pohybuje od 50 do 300 mm.

### ***2.6.2 Vrstvené řezivo***

Dílce jsou vyrobeny z prken v poloze nastojato. Tloušťka lamel se pohybuje mezi 20 a 50 mm. Prkna lze nastavovat pomocí zubovitého spoje, aby bylo možno vytvořit větší rozměry plošného prvku. Lamely jsou slepeny nebo navzájem spojeny hřebíky nebo kolíky z tvrdého dřeva, které pomáhají přenášet nebo rozdělovat zatížení. Tloušťka jednotlivých dílců se pohybuje od 80 do 240 mm.

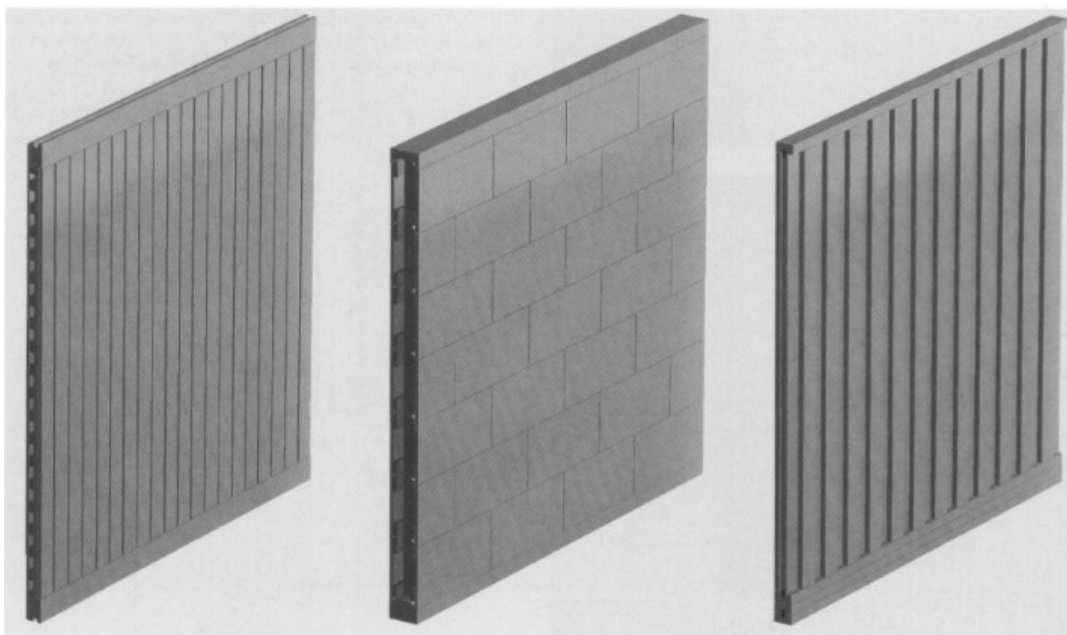
### ***2.6.3 Křížově kolíkové dílce***

Dílce jsou tvořeny jádrem tloušťky 60 až 80 mm ze stojatých fošen. K jádru jsou z obou stran pomocí kolíků připojeny vrstvy ve vodorovných, svislých nebo diagonálních směrech o tloušťce 20 až 50 mm. Tloušťka dílce je v rozmezí 150 až 400 mm. Dílce zároveň slouží jako tepelná a zvuková izolace. Výrobci se snaží při výrobě nevyužívat lepidla a kovy.

### ***2.6.4 Materiály na bázi dřeva***

Konstrukční prvky je možno vytvořit z plošně lisovaných desek nebo OSB desek. Jednotlivé dílce se navzájem slepují. U OSB desek se tak tloušťka pohybuje mezi 75 a 250 mm. Na vnější straně je umístěna tepelná izolace a ochrana proti povětrnosti.

Složené průřezy byly vyvinuty z důvodu úspory dřeva. To má být využito pouze v konstrukcích, ve kterých jsou efektivně využity. Podle druhu a velikosti zatížení mají složené průřezy rozličné rozměry a usměrnění. Na obrázku *Obr. 2.11* můžeme vidět několik typů těchto průřezů.



*Obr. 2.11 Přehled složených průřezů, zleva- Příčné lepení s mezerami, Dřevěný modulový-zásuvný systém, Dřevěné fošny na drážku a pero [2]*

### **2.6.5 Příčné lepení s mezerami**

Dílce jsou slepeny z vrstev prken, které jsou na sebe kolmé. Prkna v jednotlivých vrstvách jsou uspořádány v určitých odstupech, tyto mezery pak vytvářejí prostor pro izolační nebo akusticky absorpční materiály. Tyto dílce jsou v důsledku příčného lepení rozměrově stálé. Mezi masivní dílec a vnější izolaci se vkládá neprůvzdušné těsnění.

### **2.6.6 Dřevěný modulový-zásuvný systém**

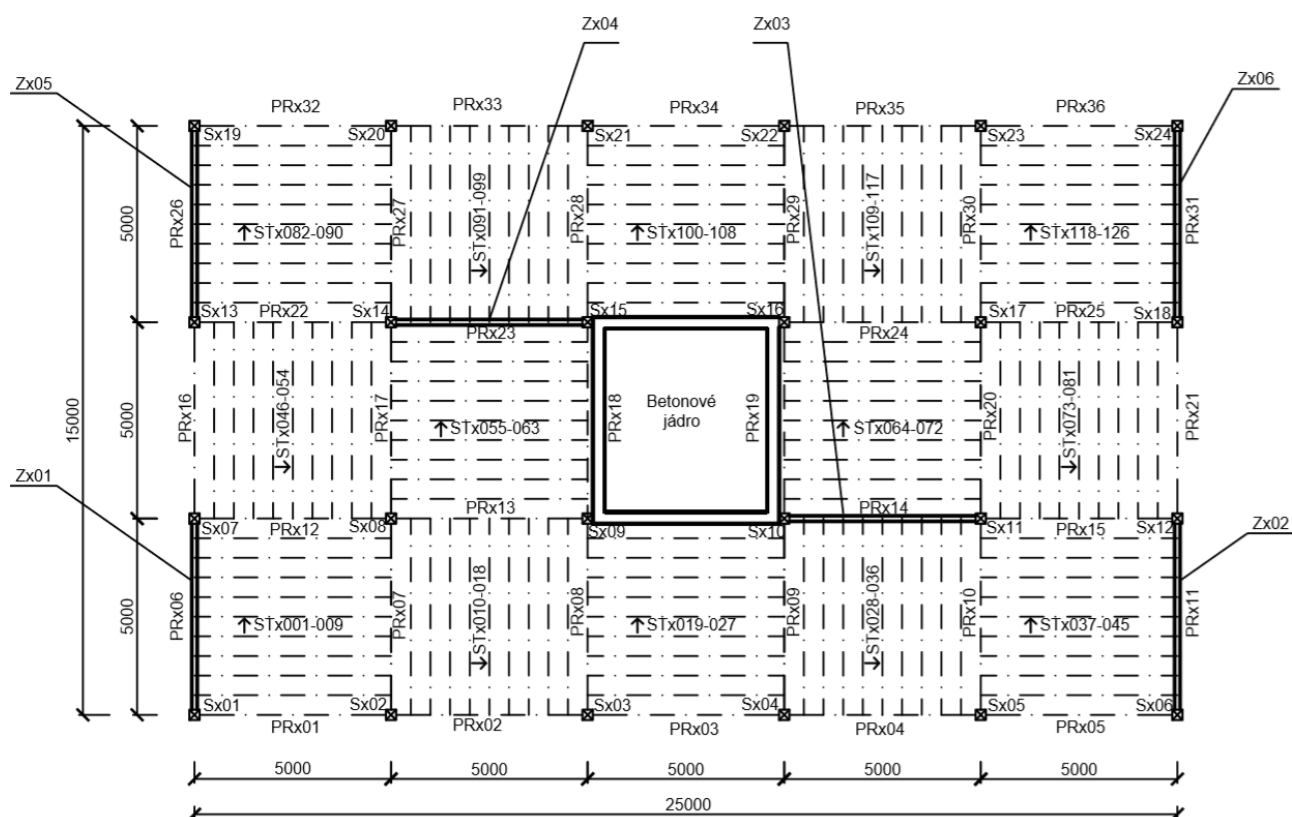
Jedná se o moduly malého formátu z pěti vrstev rostlého dřeva. Tyto moduly se nedeformují. Díky zásuvnému systému lze jednotlivé moduly snadno zasunout do vazby a vytvořit tak nosné vnější a vnitřní stěny. V modulech se nacházejí dutiny, které se využívají k vedení hadicové instalace technického vybavení budovy. Pro redukci venkovní izolace se tyto dutiny vyplňují izolačními hmotami.



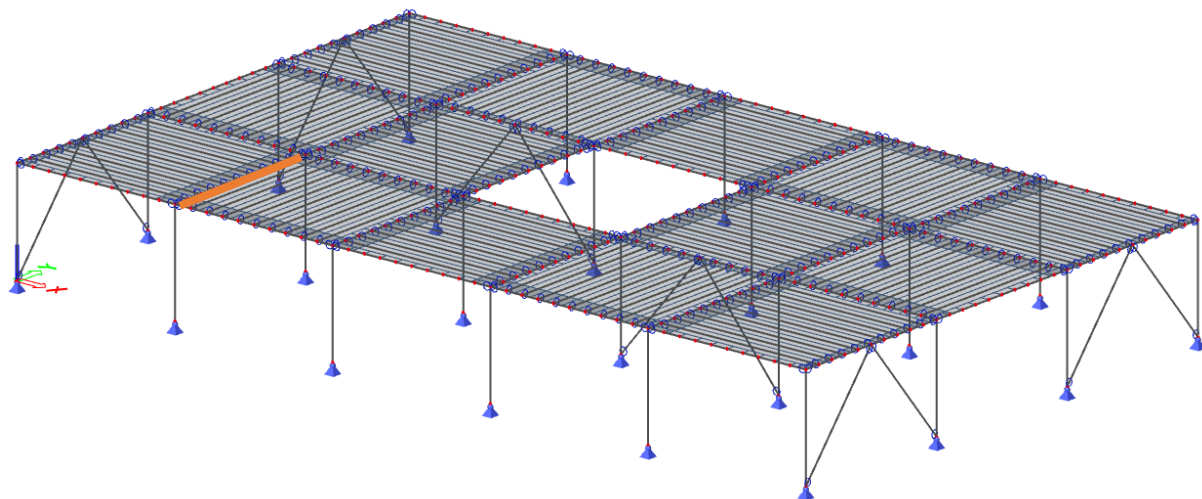
### 3. NOSNÝ SYSTÉM

Pětipodlažní obytný dům lze vytvořit jako rámovou, skeletovou nebo konstrukci z masivního dřeva. Nosnou konstrukci jsem tedy zvolila skeletovou, která umožňuje větší možnost dispozičního řešení. U nosníků s rozpětím větším než 5,5 m vyžadují dřevěné stropy větší konstrukční výšku než stropy betonové, proto jsem zvolila půdorysný rastr 5 x 5 m.

Pro lepší orientaci ve výpočtech, jsou jednotlivé části nosné konstrukce označeny zkratkami pro určení polohy prvku v konstrukci. Sloupy jsou označeny písmenem S, ztužení Z, průvlaky PR a stropnice ST. Na následujícím obrázku (*Obr. 3.1*) Následující písmeno x je označení pro patro, ve kterém se prvek vyskytuje. Například pro průvlak číslo 7 prvního nadzemního podlaží je písmeno x nahrazeno číslem jedna. Zkratka má tedy tvar PR107. Na obrázku *Obr. 3.2* je znázorněno umístění tohoto prvku. Prostorový model konstrukce se skládá z 1404 uzlů, 990 prutů a 70 deskových ploch.



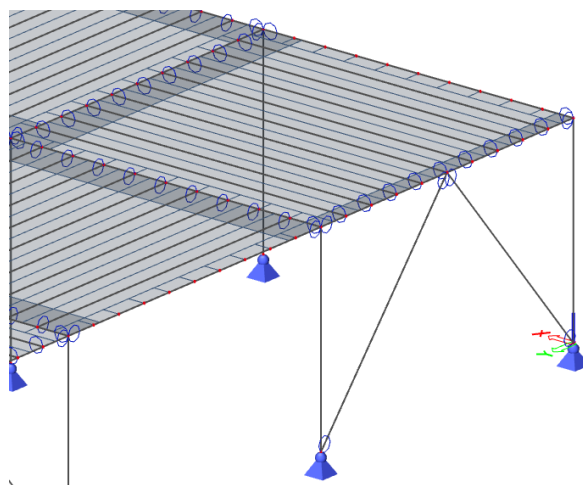
Obr. 3.1 Půdorysný rastr nosné konstrukce s označením sloupů, průvlaků stropnic a ztužení



Obr. 3.2 Prostorový model prvního nadzemního podlaží s vyznačeným prvkem PR107

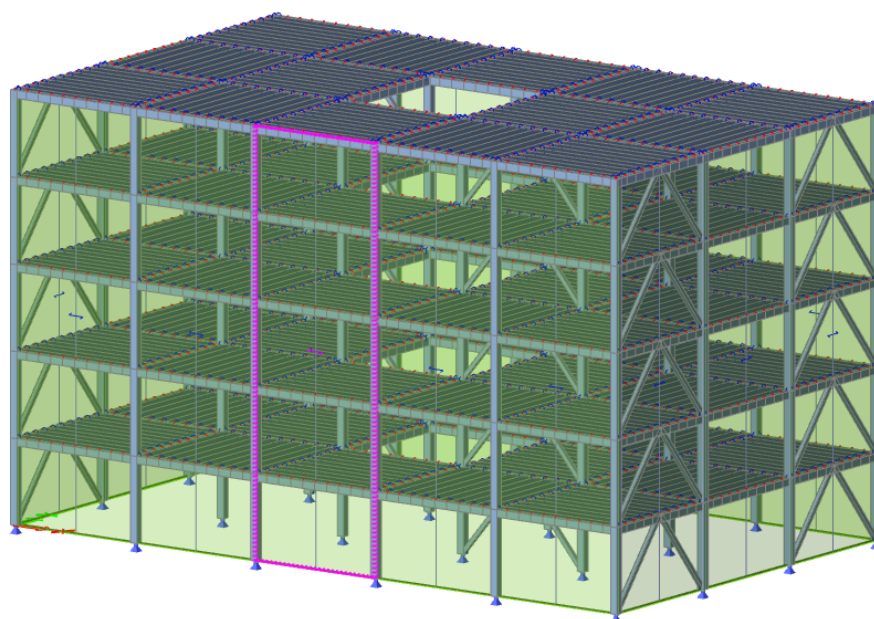
Pro výpočet vnitřních sil byl použit program Scia Engineer. Jednotlivé stropnice jsou oboustranně kloubově uloženy na průvlaky (Obr 3.3). Na stropnicích je v konstrukci uložena

OSB deska, která spolupůsobí se stropnicemi. Ve výpočtovém modelu jsou proto stropnice vyjádřeny jako žebra desky. Průvlaky jsou na sloupy uloženy také kloubově a sloupy k podloží rovněž. Konstrukční výška jednoho podlaží je 3m. V konstrukční výšce každého patra jsou sloupy, které jsou uloženy kolem betonového jádra, jedná se tedy o sloupy Sx09, Sx10, Sx15 a Sx16, zajištěny proti vodorovnému posunu přichycením k betonovému jádru.



*Obr. 3.3 Detail kloubového uložení stropnic, průvlaků, ztužení a sloupů*

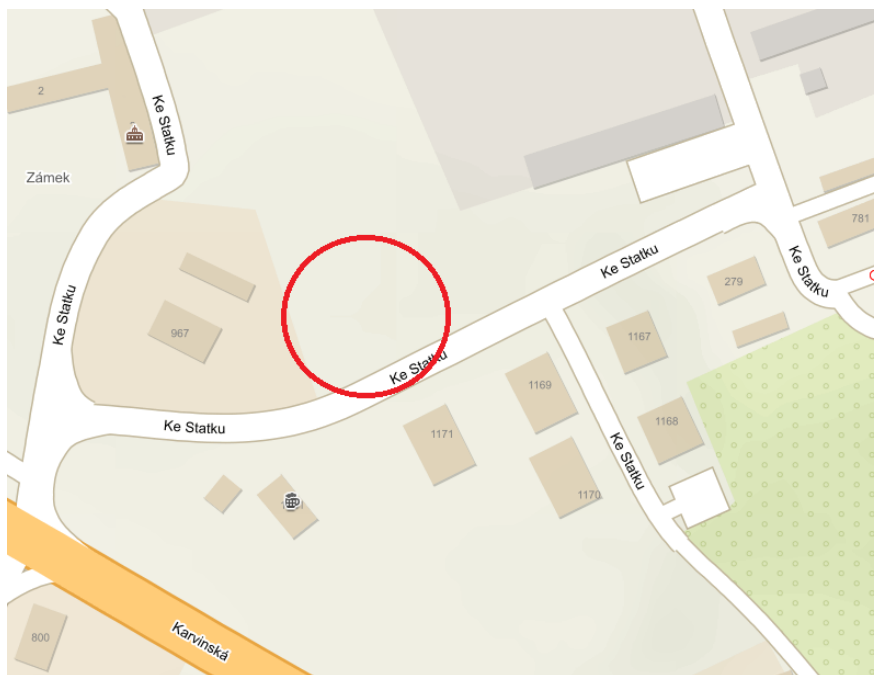
Pro zatížení způsobené větrem a vlastní tíhou obvodové stěny byly vytvořeny zatěžovací panely, které přenášejí plošné zatížení do sloupů. Jeden zatěžovací panel je zvýrazněn na obrázku *Obr. 3.4*.



*Obr. 3.4 Prostorový model nosné konstrukce a zatěžovacích panelů z programu Scia Engineer*

## 4. DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ

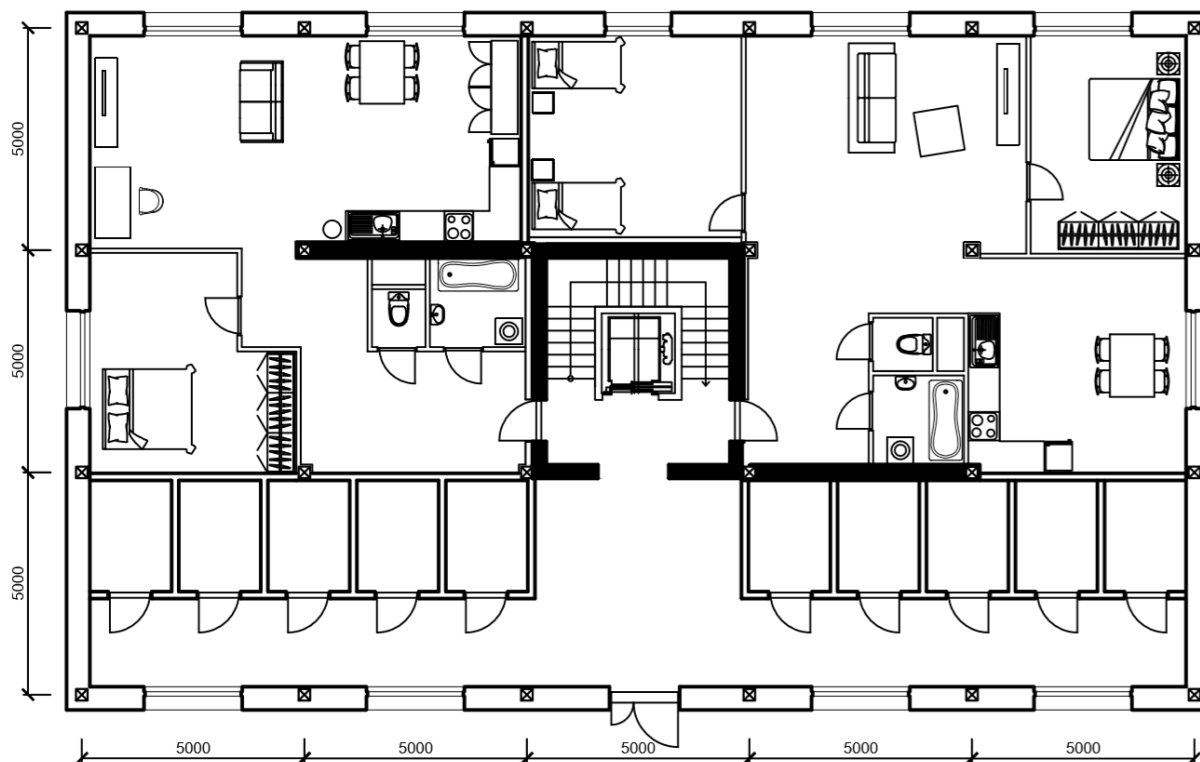
Bytový dům se nachází v Moravskoslezském kraji v obci Dolní Lutyně, která se nachází 20 km od města Ostrava a 15 km od města Karviná. V blízkosti se nachází pět čtyřpodlažních obytných budov. Stavba je situována v blízkosti centra obce.



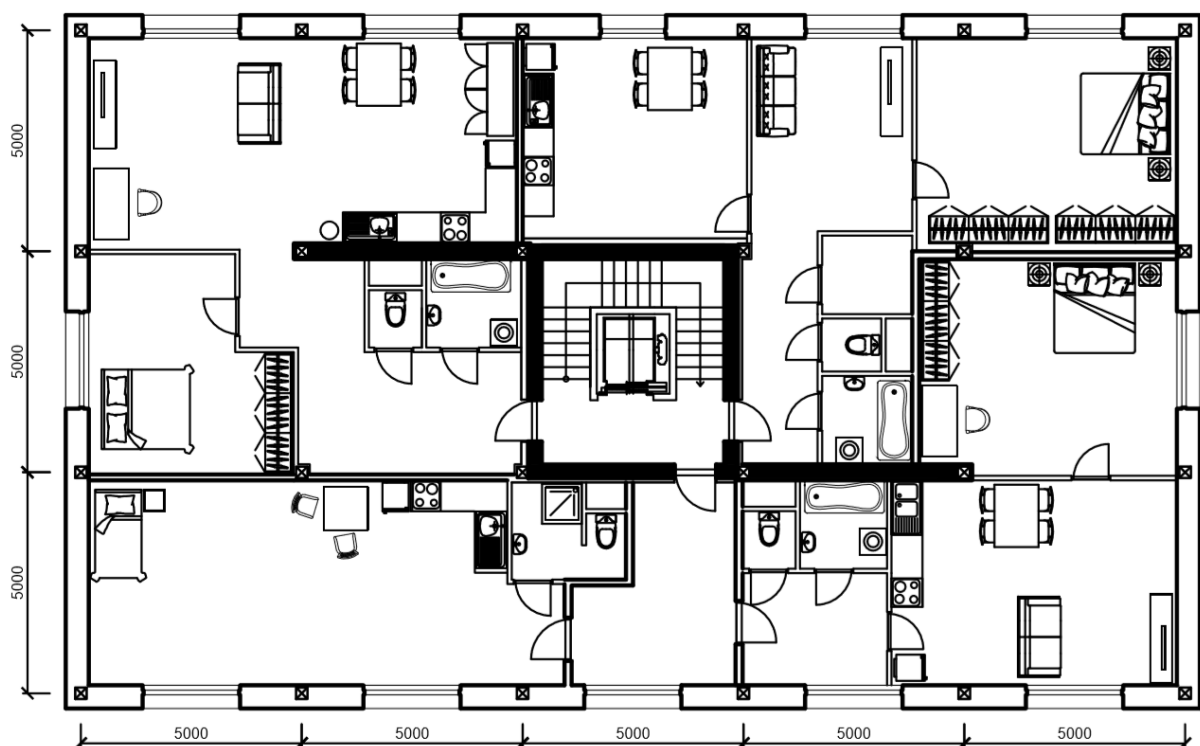
*Obr.4.1 Situování budovy v obci Dolní Lutyně [24]*

Podle geologické mapy je základová půda písčito-hlinitá až hlinito-písčitá. S těmito údaji bude později pracováno při výpočtu základové patky. [23]

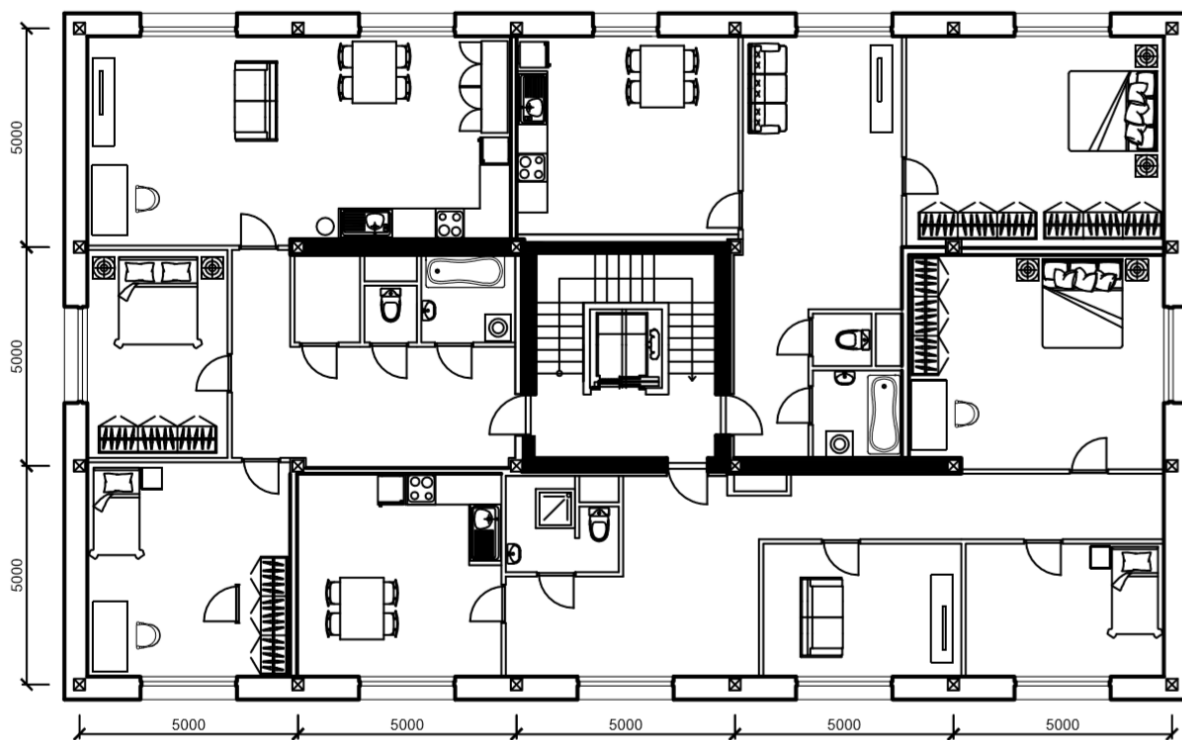
Dispoziční řešení budovy je omezeno pouze ztužujícími stěnami. Proto je možné v bytovém domě vytvořit různé množství bytových jednotek. Byla vytvořena možná dispozice bytového domu. V této variantě dispozice je situováno 16 bytových jednotek a 10 kójí. Jedná se o dva byty 1 + kk, pět bytů 2 + kk, dva byty 3 + kk, čtyři byty 2 + 1 a tři byty 3 + 1. Vytvořené návrhy dispozice je možno vidět na obrázcích *Obr. 4.2-4.4*. Na obrázku *Obr. 4.5* je vizualizace budovy.



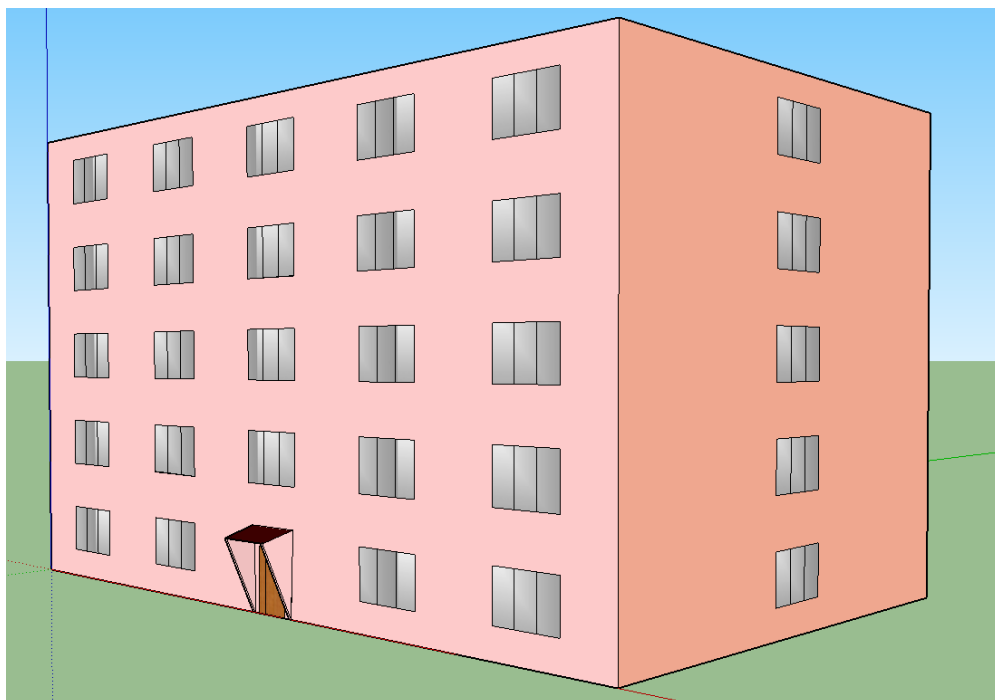
*Obr. 4.2 Dispozice prvního nadzemního podlaží*



*Obr. 4.3 Dispozice druhého a čtvrtého nadzemního podlaží*



Obr. 4.4 Chyba! V dokumentu není žádný text v zadaném stylu. Dispozice třetího a pátého nadzemního podlaží

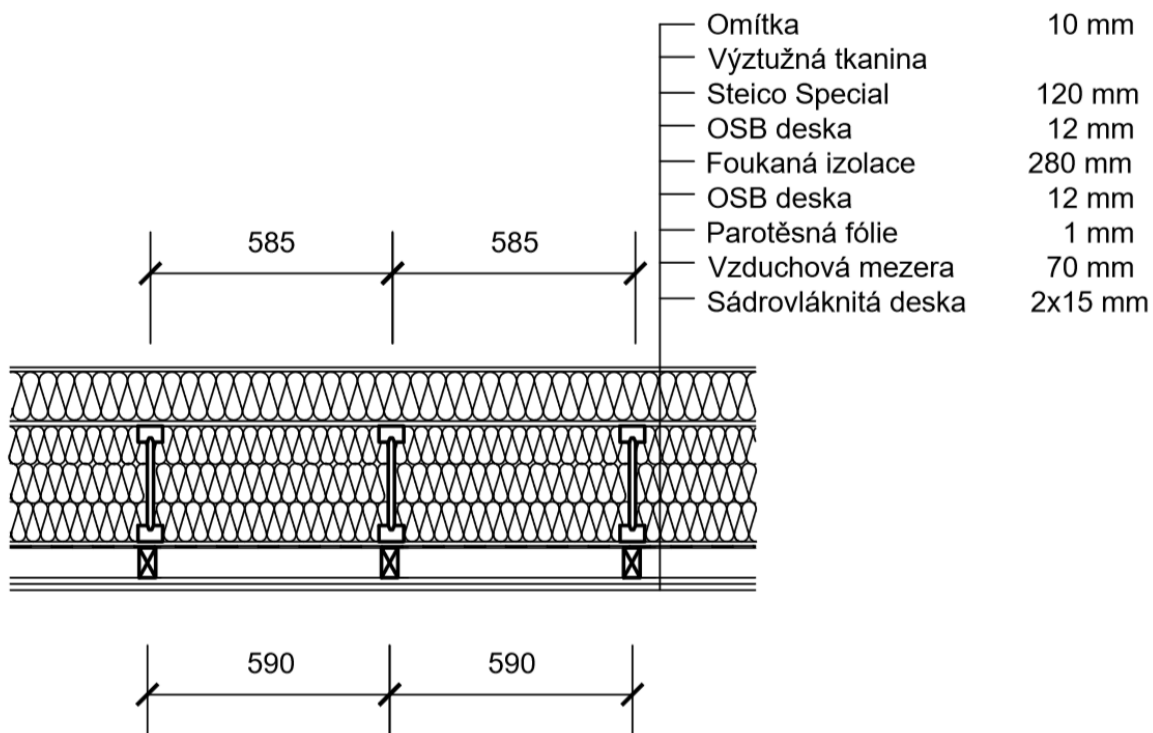


Obr. 4.5 Vizualizace budovy

## 5. SKLADBY A JEJICH HMOTNOSTI

### 5.1 Obvodová stěna

Obvodová stěna se skládá ze dvou částí. V místech, kde není ztužení konstrukce, je obvodová stěna konstruována z nosníků STEICOWall SW60 výšky 280 mm.[22] Nosníky SW60 jsou umístěny v osových vzdálenostech 585 mm. Část stěny z nosníků, izolace a jejich ohraničení OSB deskami, je předvyrobena a na stavbu přivezena v rozměrech na výšku jednoho podlaží a rozpětích odpovídající vzdálenosti sloupů, tedy rozměrech 3 x 5 m. Vnější zateplení, omítka a vnitřní instalační předstěna je vytvořena až na stavbě.

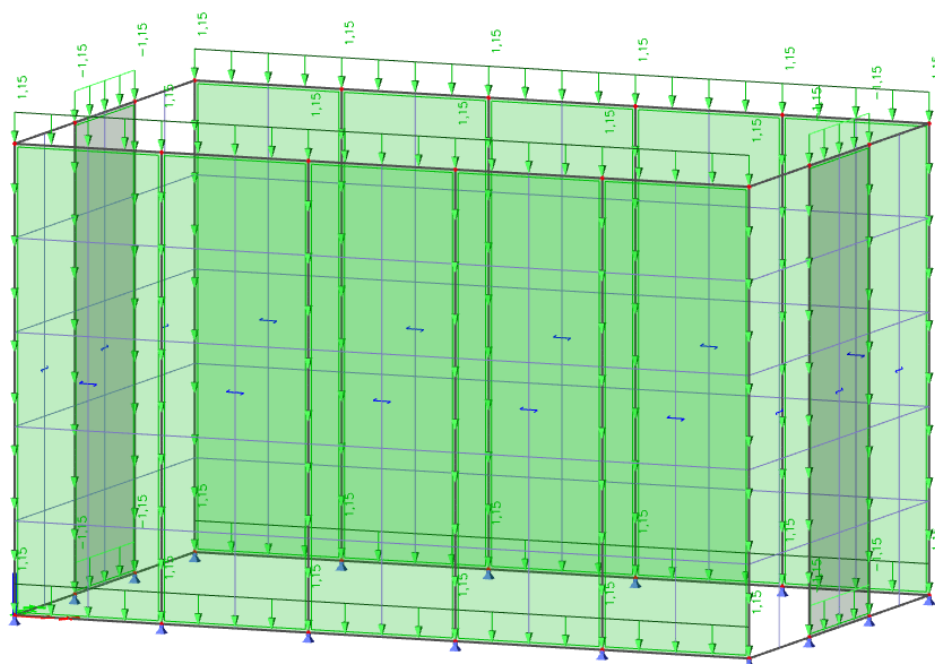


Obr. 5.1 Obvodová stěna Steicowall



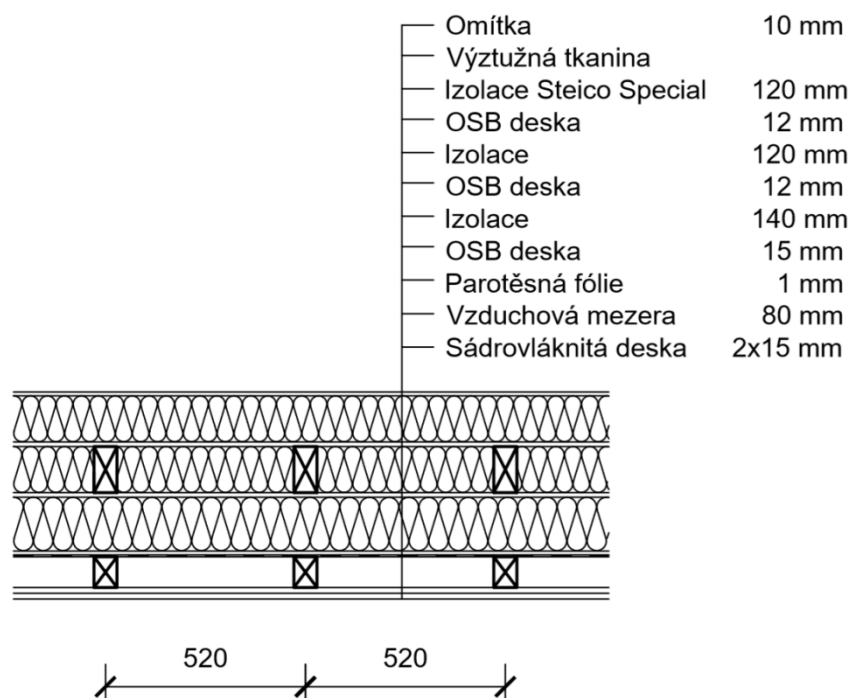
Tab.1 Skladba stěny ze systému STEICOWall a hmotnost jednotlivých jejích složek

Materiál	Tloušťka	Objemová hmotnost	Plošná hustota	
	[mm]	[kgm <sup>-3</sup> ]	[kgm <sup>-2</sup> ]	[kNm <sup>-2</sup> ]
Sádrovláknitá deska Fermacell 2x15 mm	30	1200	36,00	0,36
Latě 40 x 70mm po 590 mm	70	470	2,63	0,03
Parotěsná fólie GuttaGuttafol	1	100	0,10	0,00
OSB deska	12	600	7,20	0,07
Tepelná izolace a nosníky SW 60 po 585 mm	280		25,69	0,26
OSB deska	12	600	7,20	0,07
Tepelná izolace proti větru STEICO Special 120mm	120	230,5	18,44	0,18
Silikátová omítka a výztužná tkanina	10	1800	18,00	0,18
<b>Σ</b>	<b>535</b>		<b>114,93</b>	<b>1,15</b>



Obr. 5.2 Zatížení konstrukčního modelu obvodovou stěnou ze systému Steicowall

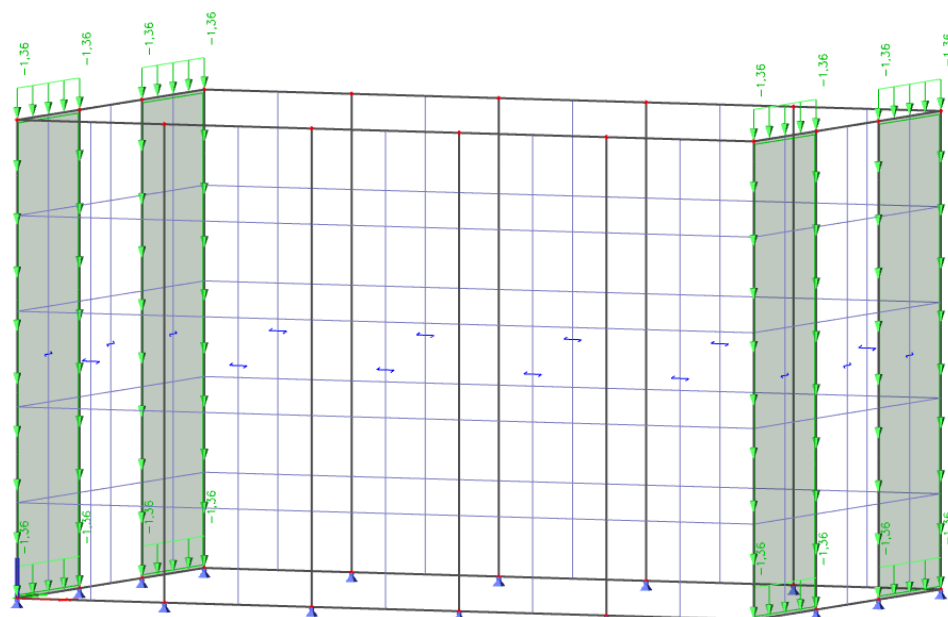
V místech, kde je konstrukce vyztužena, se jedná o dvouplášťovou obvodovou stěnu. Nosné části stěny jsou tvořeny z trámů na vnější straně obvodové stěny rozměru 60 x 120 mm a 60 x 80 mm na straně vnitřní. Celá konstrukce je vytvořena až na místě stavby.



Obr. 5.3 Obvodová stěna z trámů

Tab.2 Skladba stěny z trámů a hmotnost jednotlivých jejích složek

Materiál	Tloušťka	Objemová hmotnost	Plošná hustota	
	[mm]		[kgm <sup>-2</sup> ]	[kNm <sup>-2</sup> ]
Sádrovláknitá deska Fermacell 2x15 mm	30	1200	36,00	0,36
Nosníky 60 x 80mm po 590 mm	80	470	4,51	0,05
Parotěsná fólie GuttaGuttafol	1	100	0,10	0,00
OSB deska	12	600	7,20	0,07
Izolace ISOVER	140	160	22,40	0,22
OSB deska	12	600	7,20	0,07
Tepelná izolace a nosníky 60x120 mm po 520 mm	120		14,57	0,15
OSB deska	12	600	7,20	0,07
Tepelná izolace proti větru STEICO Special 120mm	120	230,5	18,44	0,18
Silikátová omítka a výztužná tkanina	10	1800	18,00	0,18
<b>Σ</b>	<b>520</b>		<b>135,62</b>	<b>1,36</b>



Obr. 5.4 Zatížení konstrukčního modelu obvodovou stěnou z trámů

## 5.2 Mezibytová příčka

Mezibytová příčka je navržena podle systému společnosti Rigips.[25] Modelové číslo příčky je 3.38.02 B3 MA. Odděluje dvě bytové jednotky, zároveň se musí jednat o požárně dělící prvek. Podle normy ČSN EN 1991-1-1 [26] je možno přemístitelné příčky uvažovat jako rovnoměrné zatížení, které je připočteno k užitému zatížení stropních konstrukcí.



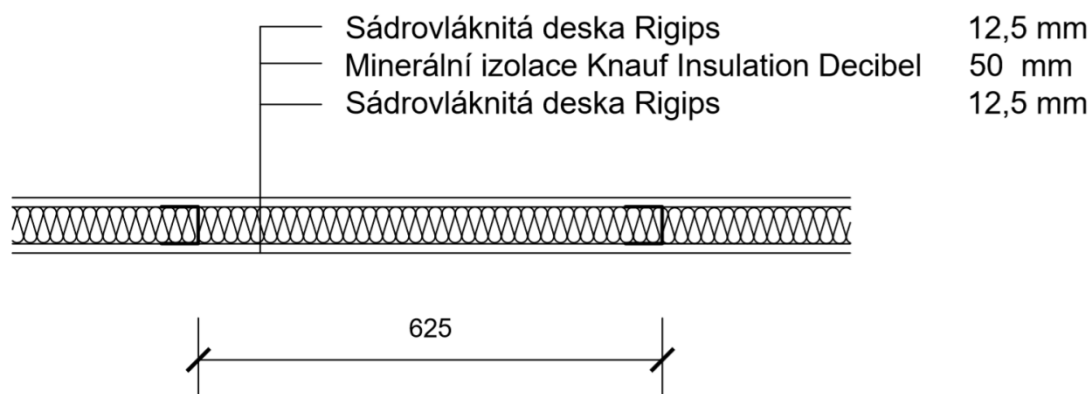
Obr. 5.5 Mezibytová příčka

Tab.3 Skladba mezibytové příčky a hmotnost jednotlivých jejích složek

Materiál	Tloušťka	Objemová hmotnost	Plošná hustota	
	[mm]	[kgm <sup>-3</sup> ]	[kgm <sup>-2</sup> ]	[kNm <sup>-2</sup> ]
Modrá akustická sádrokartonová deska Rigips	12,5	1000	12,50	0,13
Sádrovláknitá deska Rigips	12,5	800	10,00	0,09
Svislý profil R-CW 75 po 625mm	75	7850	1,65	0,02
Vodorovný profil R-UW 75	75	7850	1,65	0,02
Minerální izolace Knauf Insulation Decibel	75	15	1,13	0,01
Sádrovláknitá deska Rigips	12,5	800	10,00	0,12
Ocelový plech	0,8	7850	6,30	0,06
Modrá akustická sádrokartonová deska	12,5	1000	12,50	0,12
<b>Σ</b>	<b>126</b>		<b>55,73</b>	<b>0,56</b>

### 5.3 Příčka v bytě

Příčka v bytě odděluje pokoje v bytové jednotce. Proto na ně není kladen požadavek na požární odolnost. Příčka je konstruována podle systému společnosti Rigips.[25] Jedná se o příčku s katalogovým označením 3.40.01. Stejně jako u mezibytové příčky, je podle normy ČSN EN 1991-1-1 [26] je možno přemístitelné příčky uvažovat jako rovnoměrné zatížení, které je připočteno k užitému zatížení stropních konstrukcí.



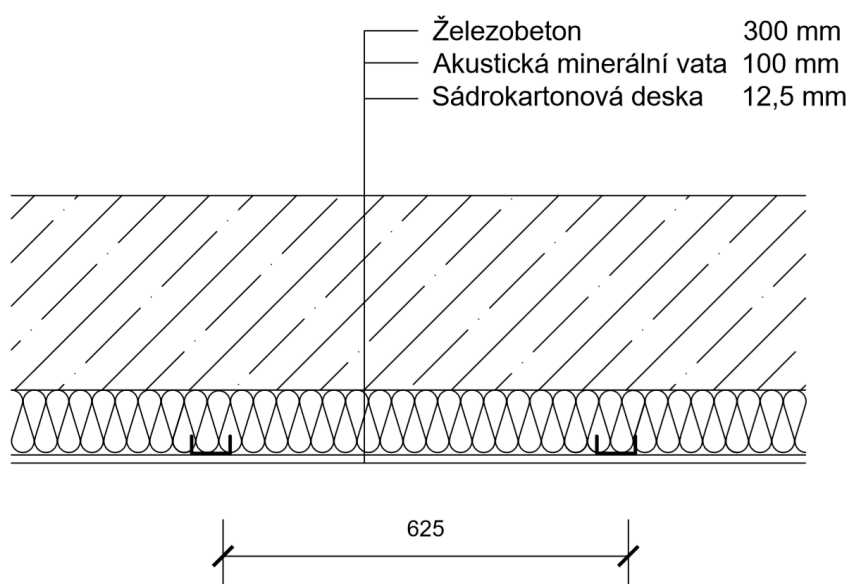
Obr. 5.6 Příčka v bytě

Tab.4 Skladba bytové příčky a hmotnost jednotlivých jejích složek

Materiál	Tloušťka	Objemová hmotnost	Plošná hustota	
	[mm]	[kgm <sup>-3</sup> ]	[kgm <sup>-2</sup> ]	[kNm <sup>-2</sup> ]
Sádrokartonová deska Rigips	12,5	800	10,00	0,10
Svislý profil R-CW 50	50	7850	1,2	0,01
Vodorovný profil R-UW 50	50	7850	1,2	0,01
Minerální izolace Knauf Insultion Decibel	50	15	0,75	0,01
Sádrokartonová deska Rigips	12,5	800	10,00	0,10
<b>Σ</b>	<b>75</b>		<b>23,15</b>	<b>0,23</b>

## 5.4 Předsazená stěna sprážená s betonovým jádrem schodiště

Předsazená stěna má pouze akustickou funkci. Tlumí přenášení hluku z betonového jádra. I pro tuto stěnu systém bylo použito ověřené složení firmy Rigips,[25] katalogového čísla 3.21.00 MA. Zatížení touto předstěnou se do výpočtového modelu nezahrnuje Předstěna složená z ocelových profilů, akustické minerální vaty a sádrokartonové desky je uchycena na betonové jádro, které není součástí výpočtu. Tloušťka předstěny je tak 112,5 mm.



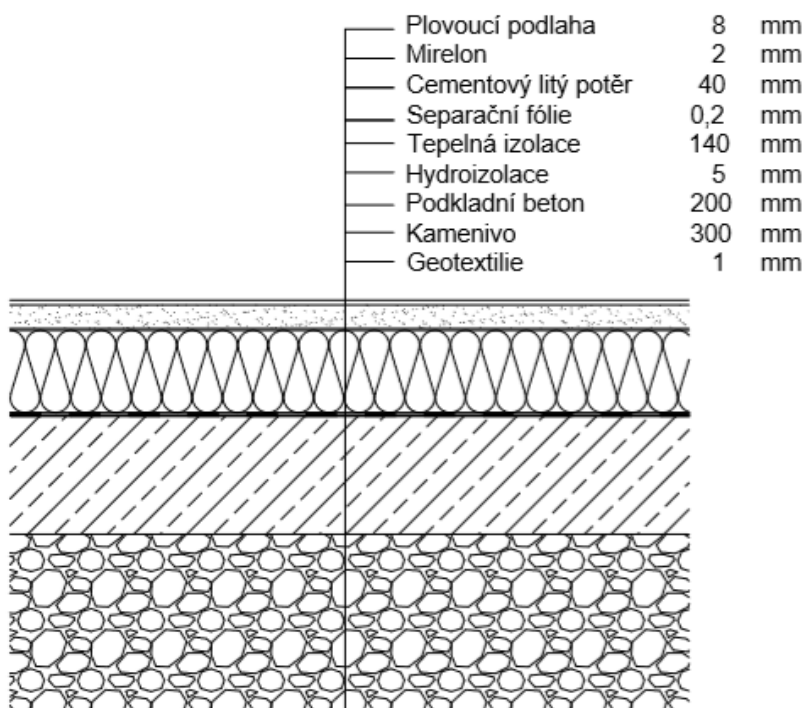
Obr. 5.5 Předsazená stěna sprážená s betonovým jádrem schodiště

Tab.5 Skladba předsazené stěny sprážená s betonovým jádrem a hmotnost jednotlivých jejích složek

Materiál	Tloušťka	Objemová hmotnost	Plošná hustota	
	[mm]	[kgm <sup>-3</sup> ]	[kgm <sup>-2</sup> ]	[kNm <sup>-2</sup> ]
ŽB stěna	300	2500	750,00	7,50
Svislý profil R-CD 60 ve vzdálenosti 625 mm	60	7850	1,08	0,01
Vodorovný profil R-UD 28	28	7850	0,78	0,01
Akustická minerální vata ISOVER AKU	100	40	4,00	0,04
Modrá akustická sádkokartonová deska Rigips	12,5	1000	12,50	0,13
<b>Σ</b>	<b>412,5</b>		<b>768,36</b>	<b>7,68</b>

## 5.5 Podlaha na terénu

Z technického hlediska je u podlah na terénu nutné zabránit pronikání vody a také posoudit tepelnou prostupnost podlahou. Proto jsou kladeny veliké nároky na tepelnou izolaci a hydroizolaci. Naopak odpadá posouzení kročejové prostupnosti.



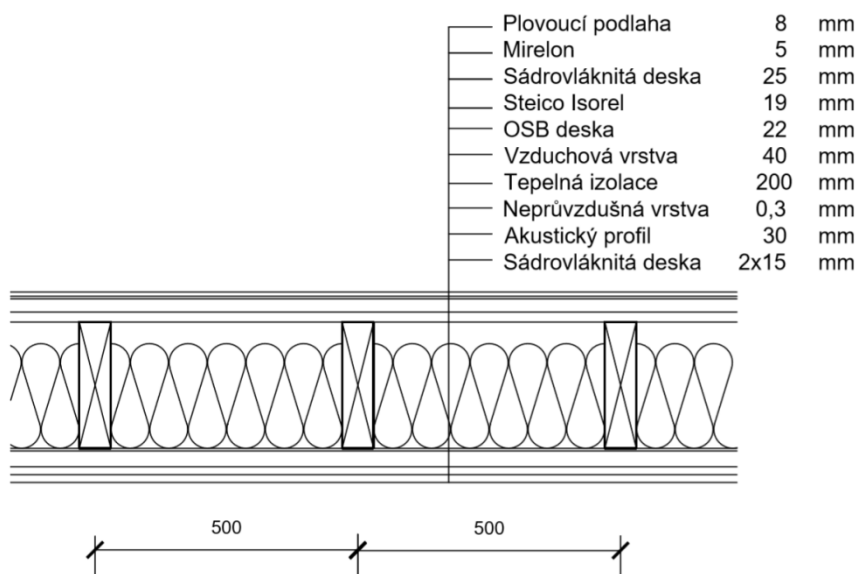
Obr. 5.6 Podlaha na terénu

Tab.6 Skladba podlahy na terénu a hmotnost jednotlivých jejích složek

Materiál	Tloušťka	Objemová hmotnost	Plošná hustota	
	[mm]	[kgm <sup>-3</sup> ]	[kgm <sup>-2</sup> ]	[kNm <sup>-2</sup> ]
Laminátová plovoucí podlaha	8	940	7,52	0,08
Cementový litý potěr	40	1900	76,00	0,76
Separační fólie	0,2	930	0,19	0,00
Tepelná izolace Isover EPS 200	140	30	4,20	0,04
Hydroizolační asfaltový pás Elastek 50	5	1094	5,47	0,06
Podkladní beton	200	2500	500,00	5
Strojně hutněné kamenivo 16/32	300	2648	794,40	7,94
Geotextilie Filtek	1	300	0,30	0,00
<b>Σ</b>	<b>694,2</b>		<b>1388,08</b>	<b>13,88</b>

## 5.7 Stropní konstrukce

Na stropní konstrukci jsou kladeny požadavky na vzduchovou a kročejovou neprůvzdušnost, tepelnou prostupnost a požární odolnost. Základní nosnou konstrukci tvoří kloubově uložený nosník z rostlého dřeva o rozměrech 240 x 60 mm, na kterém je uložena dřevotřísková deska. Požární odolnost je zajištěna dvěma sádrovláknitými deskami.

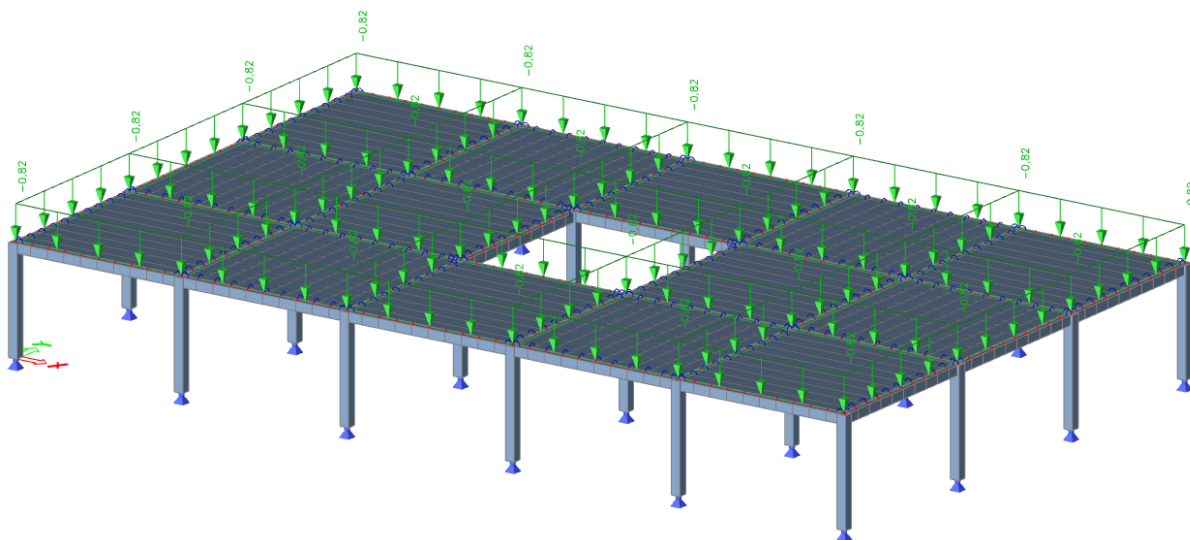


Obr. 5.7 Stropní konstrukce

Tab.7 Skladba stropní konstrukce a hmotnost jednotlivých jejích složek

Materiál	Tloušťka	Objemová hmotnost	Plošná hustota	
	[mm]	[kgm <sup>-3</sup> ]	[kgm <sup>-2</sup> ]	[kNm <sup>-2</sup> ]
Laminátová plovoucí podlaha	8	940	7,52	0,08
Mirelon	5	25	0,13	0,00
Podlahová sádrovláknitá deska Fermacell	25	1150	28,75	0,03
Steico Isorel (hobra)	19	230	4,37	0,04
OSB deska	22	600	13,20	0,13
Nosná konstrukce a tepelná izolace Knauf Decibel (200 mm)	240		12,72	0,13
Neprůvzdušná vrstva Jutafol N AL 170	0,3	567	0,17	0,00
Akustický profil	30		2,00	0,02
Sádrovláknitá deska Fermacell 2x15 mm	30	1200	36,00	0,36
<b>Σ</b>	<b>380</b>		<b>104,86</b>	<b>1,05</b>

Do konstrukčního modelu byla zadána plošná zatížení hmotnosti stropu 0,82 kNm<sup>-2</sup>. Hmotnost OSB desky a nosného prvku je již v modelu započtena automaticky. Pro názornost je na obrázku *Obr. 5.8* znázorněno zatížení nosné konstrukce prvního nadzemního podlaží.

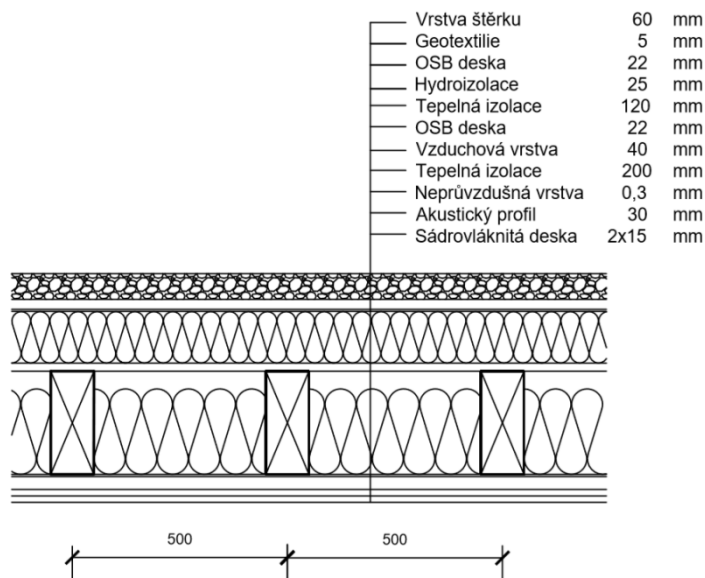


Obr. 5.8 Zatížení stropní konstrukce vlastní tíhou prvního nadzemního podlaží



## 5.8 Střešní konstrukce

Střešní konstrukce je tvořena nosníkem z rostlého dřeva o rozměrech 100 x 240 mm. Roznášení zatížení do nosníků zabezpečuje OSB deska a také dřevovláknitá deska Steico Flex [22], která zároveň působí jako tepelná izolace.

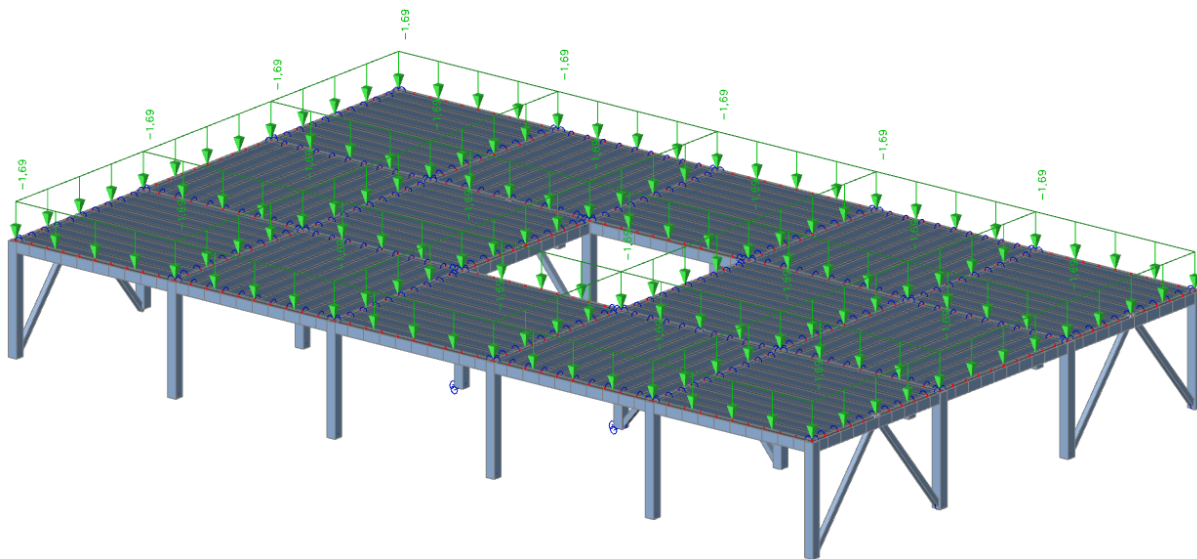


Obr. 5.9 Zatížení střešní konstrukce

Tab.8 Složení střešní konstrukce

Materiál	Tloušťka	Objemová hmotnost	Plošná hustota	
	[mm]	[kgm <sup>-3</sup> ]	[kgm <sup>-2</sup> ]	[kNm <sup>-2</sup> ]
Vrstva šěrku	60	1700	102	1,02
Geotextilie Filtek	1	300	0,30	0,00
Hydroizolační asfaltový pásek Elastek	5	1094	5,47	0,06
OSB deska	22	600	13,20	0,13
Tepelná izolace SteicoFlex	120	50	6,00	0,06
OSB deska	22	600	13,2	0,13
Nosná konstrukce a tepelná izolace Knauf Decibel (200 mm)	240		20,60	0,14
Neprůvzdušná vrstva Jutafol N AL 170	0,3	567	0,17	0,00
Akustický profil	30		2,00	0,02
Sádrovláknitá deska Fermacell 2x15 mm	30	1200	36,00	0,36
<b>Σ</b>	<b>550,3</b>		<b>198,94</b>	<b>1,99</b>

Ze stejného důvodu jako u stropní konstrukce, je do modelu zadáno plošné zatížení  $1,69 \text{ kNm}^{-2}$ .



*Obr. 5.10 Zatížení střešní konstrukce vlastní tíhou*

## 5.9 Posouzení dělicích konstrukcí na tepelnou prostupnost

Posouzení hlavních dělicích konstrukcí, jako je obvodová stěna, střecha, podlaha přilehlá k zemině a stěna betonového jádra. Výpočet bylo proveden v programu Teplo a posouzení podle ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov.[1] Jednotlivé výstupy z programu, jsou uvedeny v příloze.

*Tab.9 Posouzení dělicích konstrukcí na tepelnou prostupnost*

Popis konstrukce	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Vypočtené hodnoty $U$	Posouzení
	$[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	$[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	$[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	
Stěna vnější	0,30	0,20	0,19	Vyhovuje
Střecha plochá	0,24	0,16	0,12	Vyhovuje
Podlaha přilehlá k zemině	0,45	0,30	0,23	Vyhovuje
Stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,33	Vyhovuje

Všechny posuzované dělicí konstrukce vyhovují požadavkům na tepelnou prostupnost.

## 6. ZATÍŽENÍ

### 6.1 Zatížení sněhem

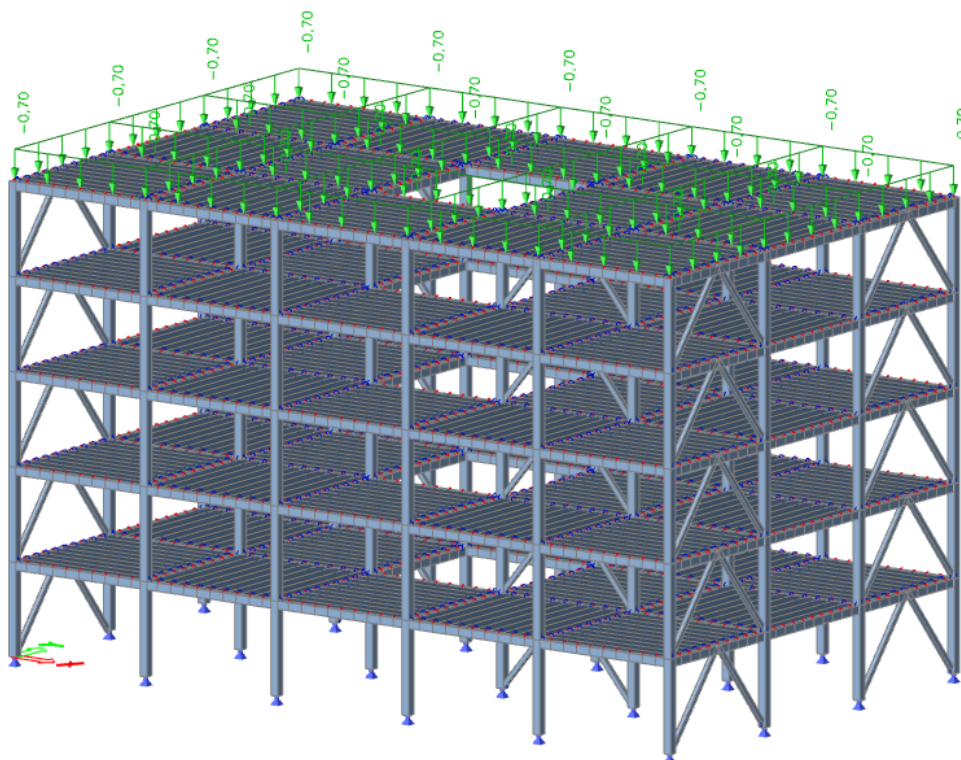
Zatížení sněhem bylo počítáno podle ČSN EN 1991-1-3 Zatížení sněhem [27]. Podle sněhové mapy [28], je charakteristická hodnota zatížení sněhem v místě stavby  $0,88 \text{ kNm}^{-2}$ .

Char. hodnota zatížení sněhem	$s_k$	$0,88 \text{ kNm}^{-2}$
Tvarový součinitel zatížení sněhem	$\mu_i$	$0,80$
Součinitel expozice	$C_e$	$1,00$
Tepelný součinitel	$C_t$	$1,00$

Zatížení sněhem na střeše:

$$s = s_k \cdot \mu_i \cdot C_e \cdot C_t$$

$$s = 0,88 \cdot 0,80 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = \mathbf{0,70 \text{ kNm}^{-2}}$$



Obr. 6.1 Zatížení střešní konstrukce sněhem

## 6.2 Zatížení větrem

Zatížení větrem bylo provedeno podle normy ČSN EN 1991-1-4 Zatížení větrem [29]. Konstrukce se nachází v oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami, nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20-ti násobek výšky překážek, tedy v kategorii terénu III.

Větrná oblast:	II	
Kategorie terénu:	III	
Výška konstrukce:	$h$	15,20 m
Šířka konstrukce:	$b$	25,69 m
Hloubka konstrukce:	$d$	15,69 m
Součinitel směru:	$c_{dir}$	1,00
Součinitel ročního období:	$c_{season}$	1,00
Výchozí hodnota zákl. rychlosti větru:	$v_{b,0}$	25,00 $ms^{-1}$
Minimální výška:	$z_{min}$	5,00
Maximální výška:	$z_{max}$	200,00
Parametr drsnosti terénu:	$z_{0,II}$	0,05
	$z_{0,III}$	0,30
Součinitel orografie:	$c_o(z)$	1,00
Měrná hmotnost vzduchu:	$\rho$	1,25
Součinitel turbulence:	$k_I$	1,00
Bezpečnostní součinitel	$\gamma_Q$	1,50
Součinitel vnitřního tlaku:	$c_{pi}^+$	0,30
	$c_{pi}^-$	-0,40

Základní rychlost větru:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_{season}$$

$$v_b = 25,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = \mathbf{25,00 \text{ } ms^{-1}}$$

Součinitel terénu:

$$k_r = 0,19 \cdot \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left( \frac{0,30}{0,05} \right)^{0,07} = \mathbf{0,22}$$

Součinitel drsnosti:

$$c_r(15,3) = k_r \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \quad \text{pro } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$c_r(15,3) = 0,22 \cdot \ln \left( \frac{15,20}{0,30} \right) = \mathbf{0,85}$$

Směrodatná odchylka turbulence:

$$\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_I$$

$$\sigma_v = 0,22 \cdot 25,00 \cdot 1,00 = \mathbf{5,38 \text{ ms}^{-1}}$$

Intenzita turbulence:

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)} = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} \quad \text{pro } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v(15,20) = \frac{1,00}{1,00 \cdot \ln \left( \frac{15,20}{0,30} \right)} = \mathbf{0,25}$$

Střední rychlost větru:

$$v_m(z) = \frac{\sigma_v}{I_v(z)}$$

$$v_m(15,20) = \frac{5,38}{0,25} = \mathbf{21,14 \text{ ms}^{-1}}$$

Referenční dynamický tlak:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

$$q_p(15,2) = [1 + 7 \cdot 0,25] \frac{1}{2} 25,00 \cdot 10^{-3} \cdot$$

$\mathbf{21,14^2}$

$$q_p(15,20) = \mathbf{0,78 \text{ Pa}}$$

Maximální hodnota dynamického zatížení:  $q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25,00^2 = \mathbf{0,39 \text{ Pa}}$$

Součinitel expozice:

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b}$$

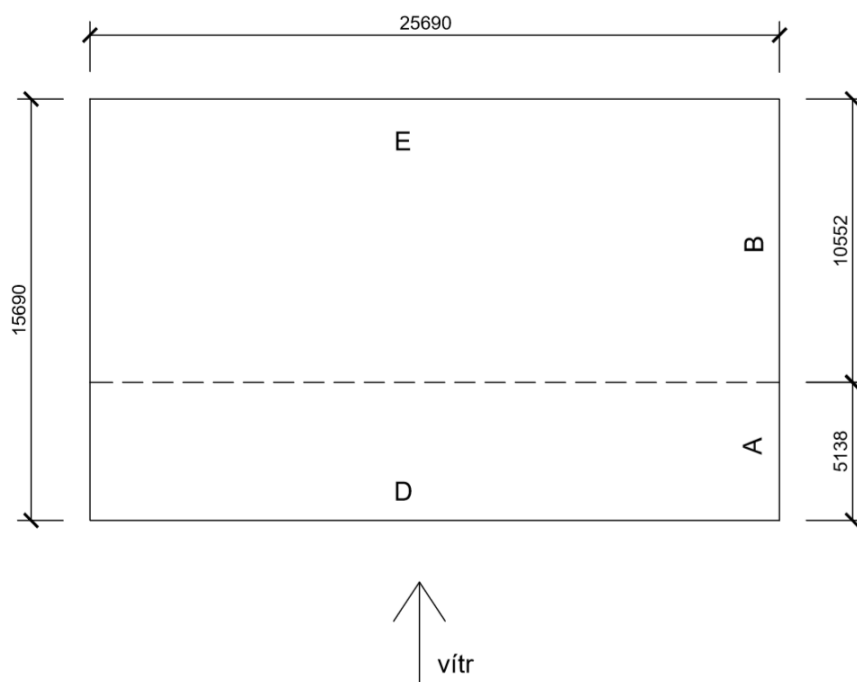
$$c_e(15, 20) = \frac{0,78}{0,39} = 1,99$$

$$w^{i+} = q_p(c_{pe,10}^i - c_{pi}^+)$$

$$w^{i-} = q_p(c_{pe,10}^i - c_{pi}^-)$$

Tab.10 Tlaky větrů na svislé stěny

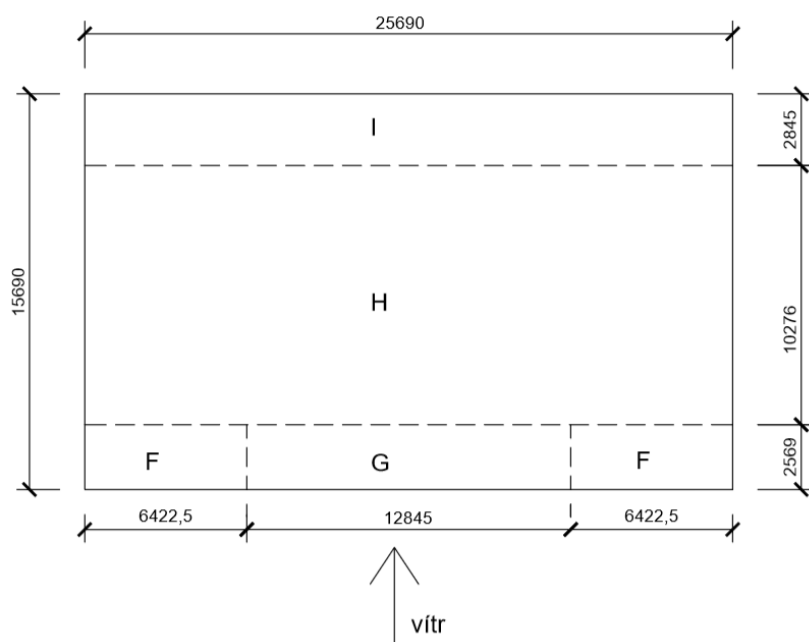
Svislé stěny			
Vnější součinitel tlaku		Tlak větru	
		$w^{i+} [\text{kNm}^{-2}]$	$w^i [\text{kNm}^{-2}]$
$c_{pe}^A_{10}$	-1,20	-1,17	-0,62
$c_{pe}^B_{10}$	-0,80	-0,85	-0,31
$c_{pe}^D_{10}$	0,75	0,35	0,89
$c_{pe}^E_{10}$	-0,41	-0,54	-0,01



Obr. 6.2 Zatížení větrem, svislé stěny

Tab.11 Tlaky větrů na plochou střechu

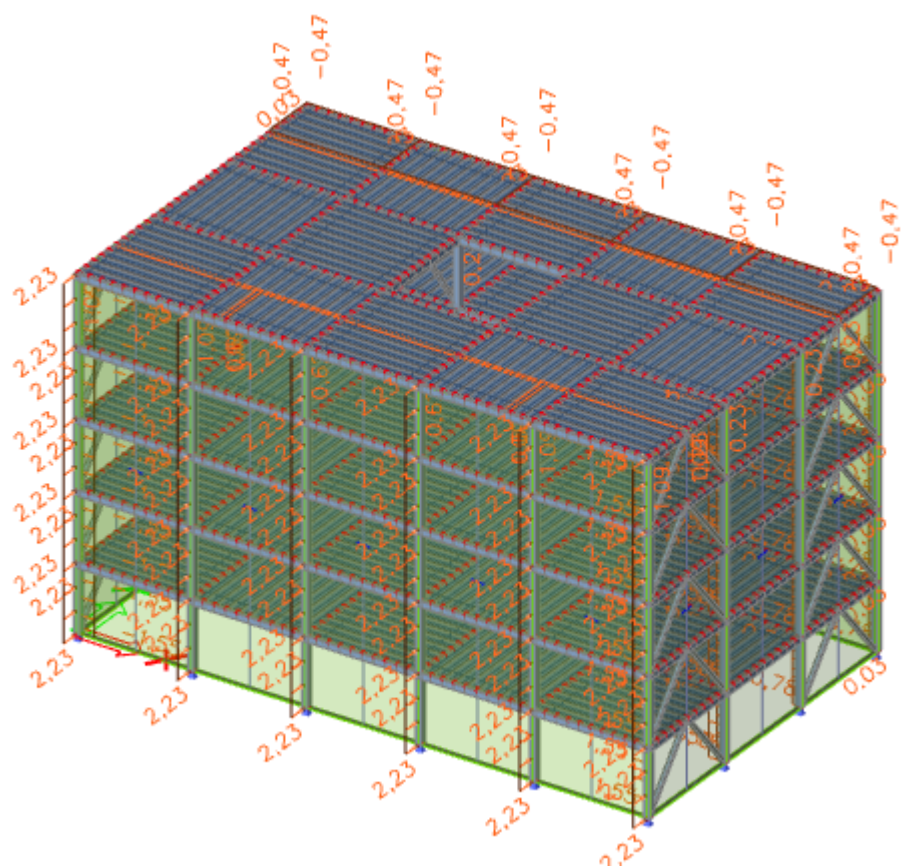
Plochá střecha			
Vnější součinitel tlaku		Tlak větru	
		$w^{i+} [\text{kNm}^{-2}]$	$w^i [\text{kNm}^{-2}]$
$c_{pe}^F_{10}$	-1,80	-1,63	-1,09
$c_{pe}^G_{10}$	-1,20	-1,17	-0,62
$c_{pe}^H_{10}$	-0,70	-0,78	-0,23
$c_{pe}^I_{10}$	0,20	-0,08	0,47
$c_{pe}^I_{10}$	-0,20	-0,39	0,16



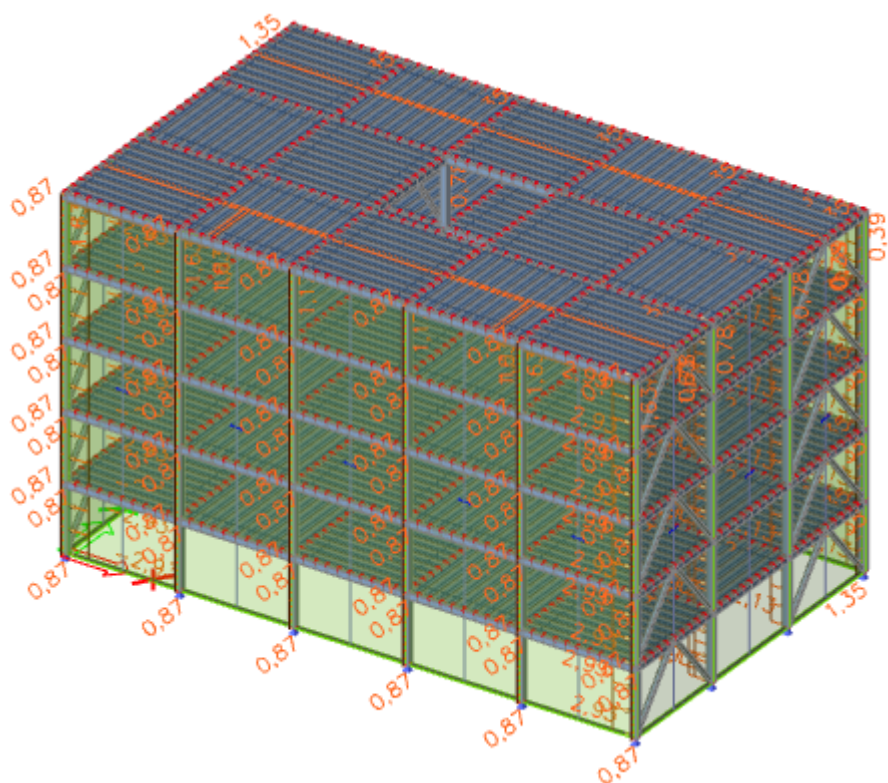
Obr. 6.3 Zatížení větrem, plochá střecha

Zatížení větrem se roznese pomocí obvodových stěn do sloupů. Proto ve výpočtovém modelu, jak již bylo zmíněno, jsou zatížení přenesena pomocí zatěžovacích panelů do sloupů. Roznesená zatížení kladného a záporného jsou znázorněna na obrázku Obr. 6.4 a 6.5.





Obr. 6.4 Zatížení větrem  $w^i$ , přenos zatížení do sloupu



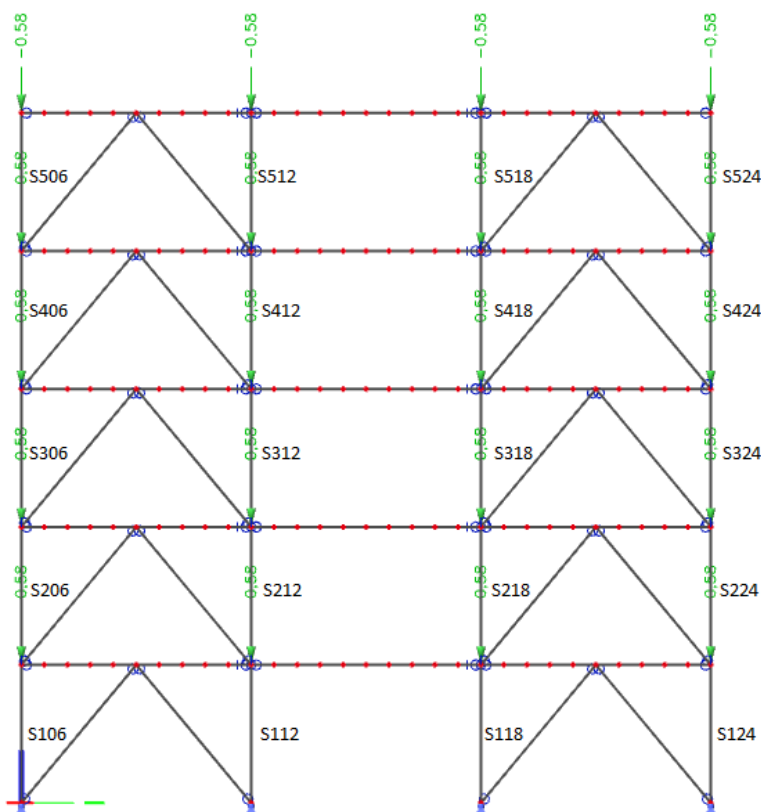
Obr. 6.5 Zatížení větrem  $w^+$ , přenos zatížení do sloupu



## 6.3 Zatížení stálé

Zatížení stálé je dáno vlastní tíhou konstrukce, tedy tíhou obvodové stěny, stropní a střešní konstrukce. Popis složení a tedy i hmotnosti bylo uvedeno v kapitole 5.

Do zatížení stálého náleží také zatížení spojovacím prostředkem. Zatížení je situováno vždy ve spoji sloupu a průvlaku. Jedná se o ocelovou botku o hmotnosti 58 kg.



Obr. 6.6 Zatížení spojovacím prostředkem, boční pohled na konstrukci

Tab.12 Souhrn stálého zatížení konstrukce

Popis zatížení	Charakteristická hodnota	Součinitel zatížení	Návrhová hodnota
Obvodová stěna 1	1,15 kNm <sup>-2</sup>	1,35	1,55 kNm <sup>-2</sup>
Obvodová stěna 2	1,36 kNm <sup>-2</sup>	1,35	1,84 kNm <sup>-2</sup>
Stropní konstrukce	1,05 kNm <sup>-2</sup>	1,35	1,42 kNm <sup>-2</sup>
Střešní konstrukce	1,99 kNm <sup>-2</sup>	1,35	2,69 kNm <sup>-2</sup>
Spojovací prostředek sloupů	0,58 kN	1,35	0,78 kN

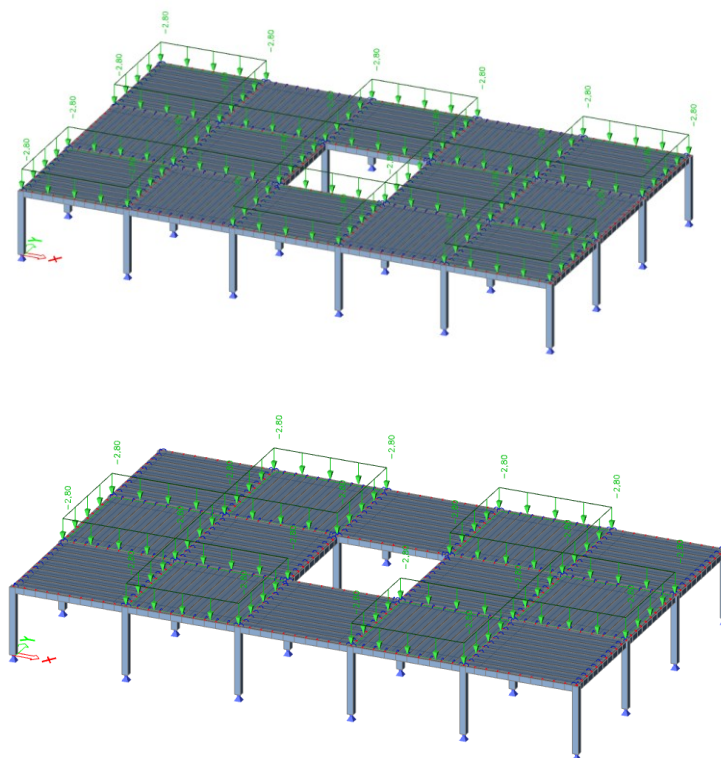
## 6.4 Zatížení užité

Do zatížení užité lze započítat zatížení přemístitelnými příčkami. Pro příčky o hmotnosti do  $1 \text{ kNm}^{-1}$  je možno převést na zatížení plošné o velikosti  $0,5 \text{ kNm}^{-2}$ . Do této kategorie se řadí příčky v bytě. Příčky do hmotnosti  $2 \text{ kNm}^{-1}$  jsou nahrazeny plošným rovnoměrným zatížením  $0,8 \text{ kNm}^{-2}$ . Zde jsou zařazeny příčky mezibytové.

Tab.13 Souhrn užitého zatížení konstrukce

Popis zatížení	Charakteristická hodnota		Součinitel zatížení	Návrhová hodnota	
	Spojité zatížení	Bodové zatížení		Spojité zatížení	Bodové zatížení
<b>Užitné zatížení stropů</b>	$1,50 \text{ kNm}^{-2}$	$2,00 \text{ kN}$	1,50	$2,25 \text{ kNm}^{-2}$	$3,00 \text{ kN}$
<b>Užitné zatížení střechy</b>	$0,75 \text{ kNm}^{-2}$	$1,00 \text{ kN}$	1,50	$0,85 \text{ kNm}^{-2}$	$2,00 \text{ kN}$
<b>Užitné zatížení příčkami</b>	$1,30 \text{ kNm}^{-2}$	-	1,50	$1,95 \text{ kNm}^{-2}$	-

Všechna užitná zatížení nepůsobí na konstrukci vždy současně. Proto je zatížení užité zadáno na konstrukci šachovnicově.

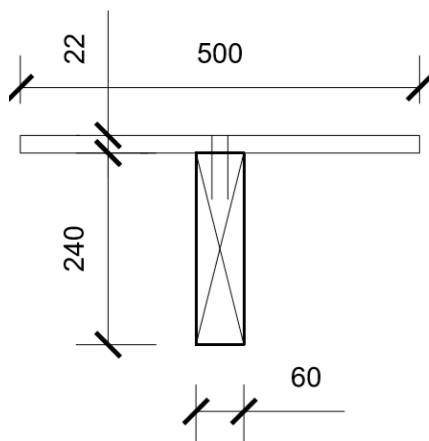


Obr. 6.7 Šachovnicově uložené užité zatížení stropní konstrukce prvního nadzemního podlaží

## 7. NÁVRH NOSNÉ KONSTRUKCE A ZTUŽENÍ

### 7.1 Stropnice stropní konstrukce

Stropnice je tvořena nosníkem z rostlého dřeva C24 o velikosti 60 x 240 mm a délce 5 m. Osová vzdálenost stropnic je 500 mm. Horní záklop z OSB desky spolupůsobí s nosníkem pomocí dvou hřebíků průměru 3,15 mm vedle sebe ve vzdálenostech 50 mm. Posudek spojení je proveden podle normy ČSN EN 1995-1-1 Obecná pravidla- Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby [31] a také podle ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí.[32]



Obr. 7.1 Rozměry stropnice spřažené s OSB deskou

#### 7.1.1 Vstupní hodnoty

Materiál:		OSB 3	C24
Zatížení:		Střednědobé	Střednědobé
Třída provozu:		1	1
Modul pružnosti:	$E_{0,mean}$	4930 MPa	11 000 MPa
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_M$	1,20	1,30
Modifikační součinitel:	$k_{mod}$	0,70	0,80
Součinitel dotvarování:	$k_{def}$	1,50	0,60
Součinitel proměnného zatížení:	$\psi_2$	0,30	pro obytné budovy kategorie A

Charakteristická hustota:	$\rho_m$	600 kgm <sup>-3</sup>	350 kgm <sup>-3</sup>
Průměrná hustota:	$\rho_k$	650kgm <sup>-3</sup>	420 kgm <sup>-3</sup>
E modul v konečném stavu:	$E_{mean,fin} = \frac{E_{0,mean}}{(1+\psi_2 \cdot k_{def})}$		
	E	3400 MPa	9322,03 MPa

Charakteristická pevnost materiálu:

Ohyb	$f_{m,k}$	14,80MPa	24,00MPa
Tlak	$f_{c,0,k}$	14,80MPa	21,00MPa
Tah	$f_{t,0,k}$	9,00MPa	14,00MPa
Smyk	$f_{v,k}$	6,80MPa	4,00MPa

Návrhová pevnost materiálu:  $f_{x,d} = \frac{f_{x,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}$

Ohyb	$f_{m,d}$	8,63MPa	14,77 MPa
Tlak	$f_{c,0,d}$	8,63MPa	12,92 MPa
Tah	$f_{t,0,d}$	5,25MPa	8,62 MPa
Smyk	$f_{v,d}$	3,97 MPa	2,46 MPa

Šířka:	b	500 mm	60 mm
Výška:	h	22 mm	240 mm
Osová vzdálenost nosníků:	o		500 mm
Délka:	l	5000 mm	5000 mm
Vnik hřebíku:	$h_h$	22 mm	58 mm

Průměrná hustota:  $\rho_m = \sqrt{\rho_{m,1} \cdot \rho_{m,2}}$   
 $\rho_m = \sqrt{650 \cdot 420} = 522,49 \text{ kgm}^{-3}$

Efektivní šířka desky  $b_{c,eff} = \min \left\{ \frac{0,2 \cdot l}{30 \cdot t} \right\}$   
 $b_{c,eff} = \min \left\{ \frac{0,2 \cdot 5000}{30 \cdot 22} \right\} = 660 \text{ mm}$

$$b_{eff} = \min \{ b_{c,eff} + b \}$$

$$b_{eff} = \min \left\{ \frac{660 + 60}{500} \right\} = 500 \text{ mm}$$

Plocha prvku:

$$A = b \cdot h$$

Moment setrvačnosti:

$$I = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

Součinitel:

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot s_1}{K_1 \cdot l^2}}$$

$$\gamma_2 = 1,0$$

Poloha roviny nulového napětí:

$$a_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\gamma_1 \cdot A_1 \cdot (h_1 + h_2)}{\sum \gamma_i \cdot A_i}$$

$$a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2$$

Efektivní tuhost v ohybu:

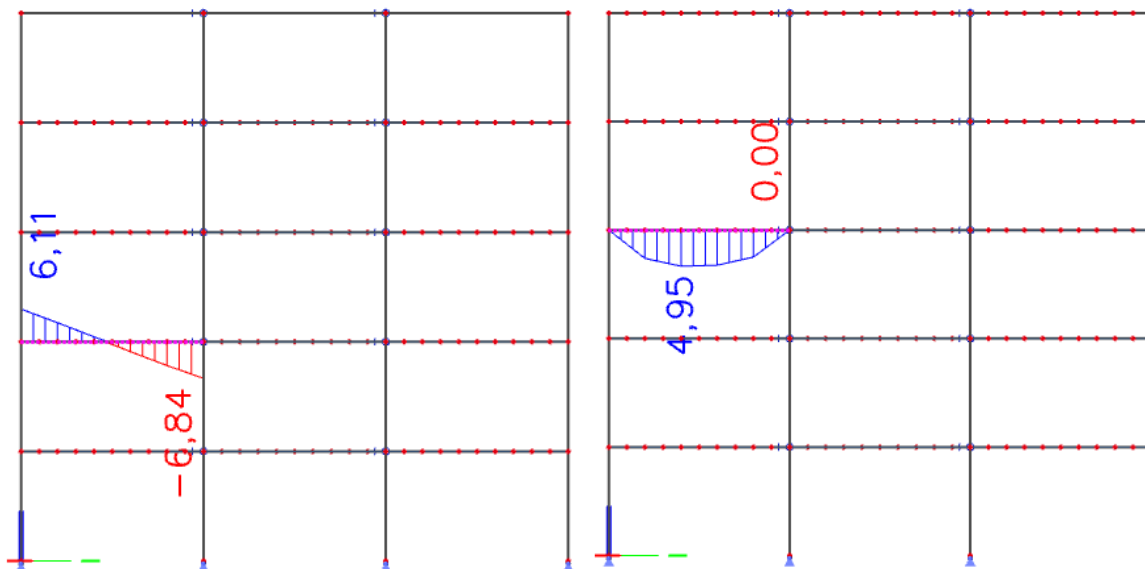
$$(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i \cdot I_{i,y} + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i)$$

Tab.14 Výsledné hodnoty zjišťovaných veličin pro desku a nosník

Zjišťované veličiny		Deska	Nosník	Jednotky
Plocha [A]		11000	14 400	mm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti [I]		4,44·10 <sup>5</sup>	6,91·10 <sup>7</sup>	mm <sup>4</sup>
E modul a modul posunutí	Počáteční stav	4 930	11 000	MPa
	Konečný stav	3 400	9 322	MPa
Součinitel [γ]	Počáteční stav	0,65	1,00	-
	Konečný stav	0,64	1,00	-
Poloha roviny nulového napětí [a]	Počáteční stav	107,13	23,87	mm
	Konečný stav	111,10	19,90	mm
Efektivní tuhost v ohybu [(EI) <sub>ef</sub> ]	Počáteční stav	1,26·10 <sup>12</sup>		Nmm <sup>2</sup>
	Konečný stav	9,96·10 <sup>11</sup>		Nmm <sup>2</sup>

### 7.1.2 Vnitřní síly

Maximální posouvající síla od kombinací zatížení vznikla na stropnici s označením ST2032, maximální ohybový moment pak na stropnici ST3014.



Obr. 7.2 Maximální posouvající síla a maximální ohybový moment vzniklý na konstrukci

Maximální posouvající síla: 6,84 kN

Maximální ohybový moment: 4,95 kNm

Maximální napětí v tlaku:  $\sigma_{i,d} = \frac{\gamma_i \cdot E_i \cdot a_i \cdot M_{max}}{(EI)_{ef}}$

Normálové napětí v ohybu:  $\sigma_{m,i,d} = \frac{\gamma_i \cdot E_i \cdot h_i \cdot M_{max}}{2 \cdot (EI)_{ef}}$

Napětí ve smyku v neutrální rovině bude přenášet pouze stropnice:

$$h = \frac{h_2}{2} + a_2$$

$$h = \frac{240}{2} + 23,87 = \mathbf{143,87 \text{ mm}}$$

$$h = \frac{240}{2} + 19,90 = \mathbf{139,90 \text{ mm}}$$

$$\tau_{2,max,d} = \frac{V_{max,d} \cdot (0,5 \cdot E_2 \cdot b_2 \cdot h)}{(EI)_{ef} \cdot b_2}$$

Tab.15 Napětí v desce a nosníku v počátečním a konečném stavu

Zjišťované napětí		Deska	Nosník	Jednotky
Napětí v těžišti $\sigma_{i,d}$	Počáteční stav	-1,35	1,03	MPa
	Konečný stav	-1,21	0,92	MPa
Krajní napětí $\sigma_{m,i,d}$	Počáteční stav	0,21	5,20	MPa
	Konečný stav	0,19	5,56	MPa
Napětí ve smyku $\tau_{2,max,d}$	Počáteční stav		0,62	MPa
	Konečný stav		0,63	MPa

### 7.1.3 Posouzení napětí v mezním stavu únosnosti

Podmínka spolehlivosti kombinace tlaku a ohybu:

$$\frac{\sigma_{i,c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left( \frac{\sigma_{m,i,d}}{f_{m,y,d}} \right)^2 \leq 1,0$$

Podmínka spolehlivosti kombinace tahu a ohybu:

$$\frac{\sigma_{i,z,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,i,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1,0$$

Podmínka spolehlivosti smykové únosnosti:

$$\frac{\tau_{2,max,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

Tab.16 Posouzení napětí v počátečním a konečném stavu

Stav	$\sigma_{1,d}$	$\sigma_{m,1,d}$	$\sigma_{2,d}$	$\sigma_{m,2,d}$	$\tau_{2,max,d}$	Posudek
Začátek	-1,35	0,21	1,03	5,20	0,62	
Konec	-1,21	0,19	0,92	5,56	0,63	
$\frac{\sigma_{i,c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,i,d}}{f_{m,y,d}}\right)^2 \leq 1,0$	0,16 0,14					Vyhovuje
						Vyhovuje
$\frac{\sigma_{i,z,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,i,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1,0$			0,47 0,48			Vyhovuje
						Vyhovuje
$\frac{\tau_{2,max,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$					0,25	Vyhovuje

### 7.1.4 Posouzení průhybu stropnice

Stálé zatížení stropní konstrukce:  $g_k$  0,53  $\text{kNm}^{-1}$

Užitné zatížení:  $q_k$  1,40  $\text{kNm}^{-1}$

Okamžitý průhyb stálého zatížení:  $w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot l^4}{(EI)_{ef}}$

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,53 \cdot 5000^4}{1,26 \cdot 10^{12}} = \mathbf{3,40 \text{ mm}}$$

Okamžitý průhyb užitného zatížení:  $w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot l^4}{(EI)_{ef}}$

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,40 \cdot 5000^4}{1,26 \cdot 10^{12}} = \mathbf{9,06 \text{ mm}}$$

Výsledný okamžitý průhyb:

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q}$$

$$w_{inst} = 3,40 + 9,06 = \mathbf{12,46 \text{ mm}}$$

Konečný průhyb stálého zatížení:  $w_{net,fin,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot l^4}{(EI)_{ef}}$

$$w_{net,fin,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,53 \cdot 5000^4}{9,96 \cdot 10^{11}} = \mathbf{4,29 \text{ mm}}$$



Konečný průhyb užitého zatížení:  $w_{net,fin,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot l^4}{(EI)_{ef}}$

$$w_{net,fin,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,40 \cdot 5000^4}{9,96 \cdot 10^{11}} = \mathbf{11,44 \text{ mm}}$$

Výsledný konečný průhyb:

$$w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q}$$

$$w_{net,fin} = 4,29 + 11,44 = \mathbf{15,73 \text{ mm}}$$

Pro prostý nosník jsou limitní hodnoty průhybů dány normou:

$$w_{inst} = \frac{l}{300}$$

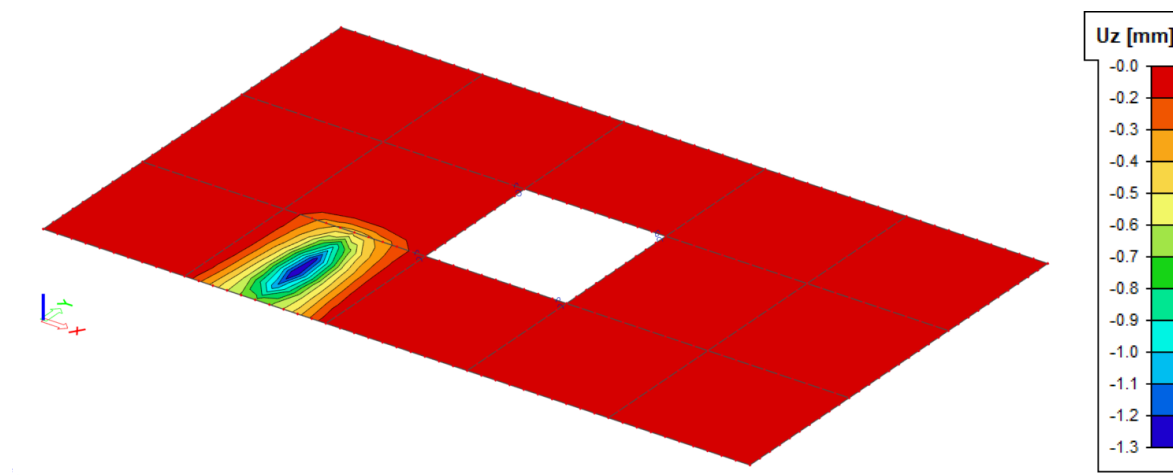
$$w_{net,fin} = \frac{l}{250}$$

Tab.17 Posouzení průhybu

	Vypočtená hodnota	Maximální průhyb	Posouzení
	[mm]	[mm]	$w \leq w_{lim}$
Výsledný okamžitý průhyb	12,46	16,67	Vyhovuje
Výsledný konečný průhyb	15,73	20	Vyhovuje

### 7.1.5 Kmitání

Kmitání konstrukce by mohlo zhoršit funkci konstrukce nebo působit uživatelům nepohodlí. Úroveň kmitání musíme odhadnout měřením nebo výpočtem. Pro stropy se má použít poměrné tlumení velikosti 1%, pokud není prokázáno, že je jiná hodnota vhodnější. Konstrukci proto zatížíme bodovou silou. Bodová síla byla vložena vždy do jednoho pole konstrukce. Maximální posunutí lze vidět na obrázku *Obr. 7.3*.



Obr. 7.3 Výsledný maximální průhyb od bodové síly v prvním nadzemním podlaží

Maximální průhyb:	w	1,3 mm
Hmotnost stropu:	m	104,86 kgm <sup>-2</sup>

Náhradní ohybová tuhost nosníku:  $(EI)_l = 2,64 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2/\text{m}$

$$(EI)_b = \frac{E_1 \cdot t_1^3 \cdot 10^3}{12}$$

$$(EI)_b = \frac{4930 \cdot 22^3 \cdot 10^3}{12} = 4,37 \cdot 10^3 \text{ Nm}^2/\text{m}$$

Základní frekvence:

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \cdot l^2} \sqrt{\frac{(EI)_l}{m}}$$

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \cdot 5^2} \sqrt{\frac{(2,52 \cdot 10^6)}{104,86}} = 9,73 \text{ Hz}$$

Frekvence kmitání stropu je větší než 8 Hz, proto je nutné provést kontrolu mezní hodnoty rychlosti odezvy na impuls.

Kontrola mezní hodnoty průhybu:  $\frac{w}{F} \leq a$

$$\frac{1,3}{1} \leq 1,5$$

**Vyhovuje**

Počet tvarů se základní frekvencí nižší než 40 Hz:

$$n_{40} = \left\{ \left[ \left( \frac{40}{f_1} \right)^2 - 1 \right] \left( \frac{b}{l} \right)^4 \frac{(EI)_l}{(EI)_b} \right\}^{0,25}$$

$$n_{40} = \left\{ \left[ \left( \frac{40}{9,73} \right)^2 - 1 \right] \left( \frac{5}{5} \right)^4 \frac{2,52 \cdot 10^6}{4,37 \cdot 10^3} \right\}^{0,25} = \mathbf{9,78}$$

Rychlost odezvy na impuls:

$$v = \frac{4 \cdot (0,4 + 0,6 n_{40})}{m \cdot b \cdot l + 200}$$

$$v = \frac{4 \cdot (0,4 + 0,6 \cdot 9,78)}{104,86 \cdot 5 \cdot 5 + 200} = \mathbf{0,01}$$

Kontrola mezní hodnoty:

$$v \leq b^{(f_1 \zeta - 1)}$$

$$0,01 \leq 5^{(9,78 \cdot 0,01 - 1)} = \mathbf{0,26} \quad \text{Vyhovuje}$$

### ***7.1.6 Posouzení únosnosti hřebíkového spoje bez předvrtání***

Mez pevnosti spoj. prostředku:	$f_u$	600	MPa
Průměr spoj. prostředku:	$d$	3,15	mm
Délka:	$l$	80	mm
Rozteč po délce nosníku:	$s$	50	mm
Počet spojovacích prostředků:	$n$	2	

Modul prokluzu:

$$k_{ser} = \rho_m^{1,5} \frac{2 \cdot d^{0,8}}{30}$$

$$k_{ser} = 522,49^{1,5} \frac{2 \cdot 3,15^{0,8}}{30} = \mathbf{1994 \, Nmm^{-1}}$$

$$k_u = \frac{2}{3} k_{ser}$$

$$k_u = \frac{2}{3} \cdot 1993,79 = \mathbf{1329 \, Nmm^{-1}}$$

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 600 \cdot 3,15^{2,6} = \mathbf{3555 \, Nmm^{-1}}$$

Návrhová hodnota smykové síly ve spárách připojení:

$$F_{1,v,Ed} = \frac{V_{max,d} \cdot \gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot a_1 \cdot s_{1,min}}{(EI)_{ef}}$$

Okamžitá smyková síla:

$$F_{1,v,Ed} = \frac{6,84 \cdot 10^3 \cdot 0,65 \cdot 4930 \cdot 11000 \cdot 107,13 \cdot 50 \cdot 10^3}{1,26 \cdot 10^{12}}$$

$$F_{1,v,Ed} = \mathbf{1028 \text{ N}}$$

Konečná smyková síla:

$$F_{1,v,Ed} = \frac{6,84 \cdot 10^3 \cdot 0,64 \cdot 3400 \cdot 9322 \cdot 111,10 \cdot 50 \cdot 10^3}{9,96 \cdot 10^{11}}$$

$$F_{1,v,Ed} = \mathbf{917 \text{ N}}$$

Pevnost v otláčení desky:

$$f_{h,1,k} = 65 \cdot t_1^{0,1} \cdot d^{-0,7}$$

$$f_{h,1,k} = 65 \cdot 22^{0,1} \cdot 3,15^{-0,7} = \mathbf{39,66 \text{ MPa}}$$

Pevnost v otláčení dřeva:

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3}$$

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot 350 \cdot 3,15^{-0,3} = \mathbf{20,34 \text{ MPa}}$$

Poměr pevností v otláčení:

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$$

$$\beta = \frac{20,34}{39,66} = \mathbf{0,51}$$

Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \left[ \sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[ 1 + \frac{t_2}{t_1} + \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left( 1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2\beta} \left[ \sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (1 + 2\beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{Bmatrix} 2\,748 \\ 2\,716 \\ 1\,425 \\ 975 \\ 1\,498 \\ 904 \end{Bmatrix} = \mathbf{904\,N}$$

Nejdříve dojde k porušení hřebíkového spoje ve smyku.

Návrhová únosnost spojovacích prostředků:

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

OSB desky:

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot \frac{0,7 \cdot 904}{1,2} = \mathbf{1055\,N}$$

Dřevěného nosníku:

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot \frac{0,8 \cdot 904}{1,3} = \mathbf{1113\,N}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\max F_{1,v,Ed} \leq \min F_{v,Rd}$$

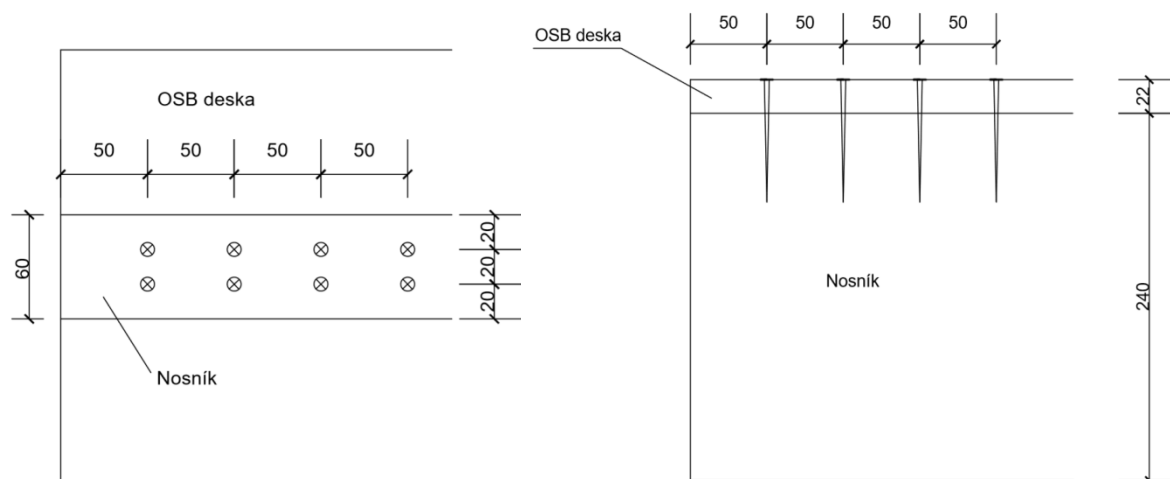
*Tab.18 Posouzení únosnosti spojovacích prostředků*

	$F_{1,v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	Posouzení
	[N]	[N]	$F_{1,v,Ed} \leq F_{v,Rd}$
Únosnost spojovacích prostředků	1028	1055	Vyhovuje

### 7.1.7 Posouzení vzdáleností a roztečí spojovacích prostředků

*Tab.19 Minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců pro hřebíky [31]*

Rozteče nebo vzdálenosti	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti
	$\alpha$	
Rozteč $a_1$ (rovnoběžně s vlákny)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(5+5 \cos \alpha )d$
Rozteč $a_2$ (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$
Vzdálenost $a_{3,t}$ (zatížený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(10+5\cos \alpha)d$
Vzdálenost $a_{3,c}$ (nezatížený konec)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$10d$
Vzdálenost $a_{4,t}$ (zatížený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(5+2\sin \alpha)d$
Vzdálenost $a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$



Obr. 7.4 Vzdálenosti a rozteče hřebíků spojujících OSB desku s nosníkem

Tab.20 Použité rozteče a vzdálenosti a jejich posouzení na jejich minimální hodnotu

Rozteče nebo vzdálenosti	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti	Použité rozteče nebo vzdálenosti	Posouzení
	$\alpha$	[mm]	[mm]	
Rozteč $a_1$ (rovnoběžně s vlákny)	0°	31,5	50	Vyhovuje
Rozteč $a_2$ (kolmo k vláknům)	0°	15,75	20	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{3,t}$ (zatížený konec)	0°	47,25	50	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{4,t}$ (zatížený okraj)	180°	15,75	20	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	180°	15,75	20	Vyhovuje

### 7.1.8 Posouzení stropnice na účinky požáru

Stropnice je chráněna proti účinkům požáru dvěma sádrokartonovými deskami o tloušťce 15 mm. Požární odolnost stropní konstrukce musí být podle normy minimálně 60 minut. Pro výpočet byla použita metoda redukovaných vlastností.

Tloušťka sádrokartonové desky:  $h_p$  15 mm

Spolupůsobení dvou desek:  $h_{p2}$  22,5 mm

Čas do počátku zuhelnatění:  $t_{ch} = 2,8h_p - 14$

$$t_{ch} = 2,8 \cdot 22,5 - 14 = \mathbf{49 \text{ min}}$$

Požadovaná normová doba požární odolnosti pro stropy:

$$t_{req} \quad 60 \text{ min}$$

Pro spoje chráněné sádrokartonovou deskou musejí splňovat podmínku:

$$t_{ch} \geq t_{req} - 1,2t_{d,fi}$$

$$49 \geq 60 - 1,2t_{d,fi} \rightarrow t_{d,fi} \geq 9 \text{ min}$$

Minimální doba požární odolnosti nechráněné konstrukce tedy musí být delší než 9 minut.

Pro rostlé dřevo:  $\beta_n$  0,8

Součinitel:  $k_{fi}$  1,25 pro rostlé dřevo

Návrh na účinky požáru:  $M_{Ed,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{Ed}$

$$M_{Ed,fi} = 0,6 \cdot 10,76 = \mathbf{6,46 \text{ kNm}}$$

Hloubka zuhelnatění:  $d_{char,n} = \beta_n \cdot t$

Rozměry stropnice:  $b_{fi} = b - 2 \cdot d_{char,n}$

$$h_{fi} = h - d_{char,n}$$

Průřezový modul:  $W_{y,fi} = \frac{1}{6} b_{fi} \cdot h_{fi}^2$

Plocha zbytkového průřezu:  $A_r = b_{fi} \cdot h_{fi}$

Zbytkový obvod průřezu:  $p = 2 \cdot (b_{fi} + h_{fi})$

Návrhová pevnost dřeva:  $f_{m,fi} = k_{mod,fi} k_{fi} \frac{f_{m,k}}{\gamma_{M,fi}}$

$$k_{mod,fi} = 1 - \frac{p}{200 \cdot A_r}$$

Kritické napětí:  $\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2 E_{0,05}}{h \cdot l_{ef}}$

Štíhlost:  $\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$

Tab.21 Hodnoty potřebě zjištění požární odolnosti prvku

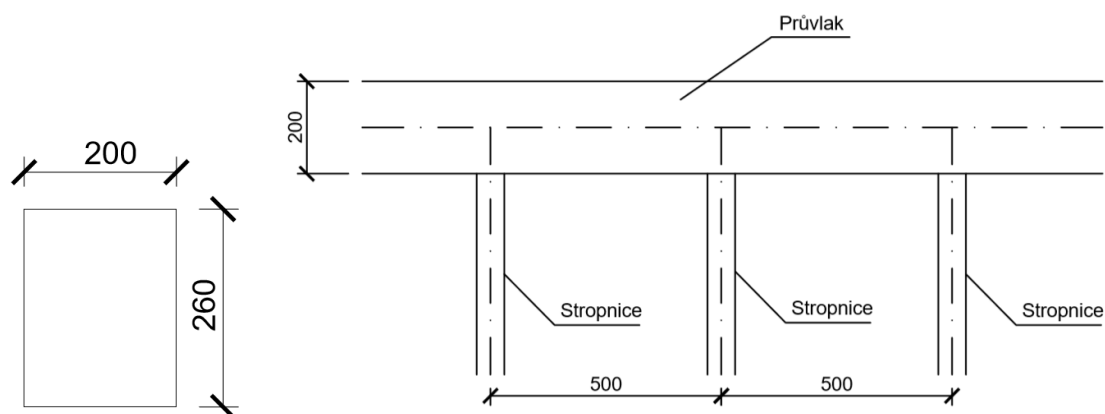
Čas t [min]	5	10	11	12	Jednotky
<b>d<sub>char,n</sub></b>	4	8	8,8	9,6	mm
<b>b<sub>fi</sub></b>	52	44	42,4	40,8	mm
<b>h<sub>fi</sub></b>	236	232	231,2	230,4	mm
<b>W<sub>y,fi</sub></b>	4,83 10 <sup>5</sup>	3,94 10 <sup>5</sup>	3,77 10 <sup>5</sup>	3,61 10 <sup>5</sup>	mm <sup>3</sup>
<b>A<sub>r</sub></b>	1,22 10 <sup>4</sup>	1,02 10 <sup>4</sup>	1,02 10 <sup>4</sup>	1,02 10 <sup>4</sup>	Mm <sup>2</sup>
<b>p</b>	576	552	547,2	542,4	mm
<b>σ<sub>m,crit</sub></b>	19,66	14,32	13,34	12,40	MPa
<b>λ<sub>rel</sub></b>	1,10	1,29	1,34	1,39	-
<b>k<sub>crit</sub></b>	0,73	0,59	0,55	0,52	-

Stropnice vydrží 10 minut, poté dojde ke ztrátě únosnosti. Bylo však zjištěno, že stropnice musí mít minimální dobu únosnosti 9 minut. Strop tedy splňuje podmínky na požární odolnost.



## 7.2 Průvlak stropní konstrukce

Stropní průvlak je vyroben z lepeného lamelového dřeva G32h. Průvlak přenáší zatížení ze stropnic do sloupů a také jednu čtvrtinu roznášecí šířky stropu. Spojení stropnice a průvlaku je provedeno třmenem firmy Bova.[32]



Obr. 7.5 Rozměry průvlaku a napojení stropnic na průvlak

### 7.2.1 Vstupní hodnoty

Materiál:	Lepené lamelové dřevo	G32h
Zatížení:	Střednědobé	
Třída provozu:		1
Modul pružnosti:	$E_{0,mean}$	13 500 MPa
	$E_{0,05}$	10800 MPa
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_M$	1,25
Modifikační součinitel:	$k_{mod}$	0,80
Součinitel dotvarování:	$k_{def}$	0,60
Součinitel proměnného zatížení:	$\psi_2$	0,30 pro obytné budovy kategorie A
Charakteristická hustota:	$\rho_k$	440 kgm <sup>-3</sup>

Charakteristická pevnost materiálu:

Ohyb	$f_{m,k}$	32,00MPa
Tlak	$f_{c,0,k}$	24,00MPa
Tah	$f_{t,0,k}$	29,00MPa
Smyk	$f_{v,k}$	3,50 MPa

Návrhová pevnost materiálu:

$$f_{x,d} = \frac{f_{x,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ohyb	$f_{m,d}$	20,48MPa
Tlak	$f_{c,0,d}$	15,36MPa
Tah	$f_{t,0,d}$	18,56MPa
Smyk	$f_{v,d}$	2,24MPa

Šířka:	b	200 mm
Výška:	h	260 mm
Délka:	l	5000 mm
Bezrozměrný součinitel:	$\alpha$	0,18
	$\beta$	0,22

Plocha prvku:

$$A = b \cdot h$$

$$A = 0,20 \cdot 0,26 = 5,20 \cdot 10^{-2} m^2$$

Moment setrvačnosti:

$$I = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

$$I_z = \frac{1}{12} 0,26 \cdot 0,20^3 = 1,73 \cdot 10^{-4} m^4$$

Průřezový modul:

$$W_y = \frac{1}{6} b \cdot h^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} 0,20 \cdot 0,26^2 = 2,25 \cdot 10^{-3} m^3$$

Průřezový modul v kroucení:

$$W_t = \beta \cdot h \cdot b^2$$

$$W_t = 0,22 \cdot 0,26 \cdot 0,20^2 = 2,32 \cdot 10^{-3} m^3$$

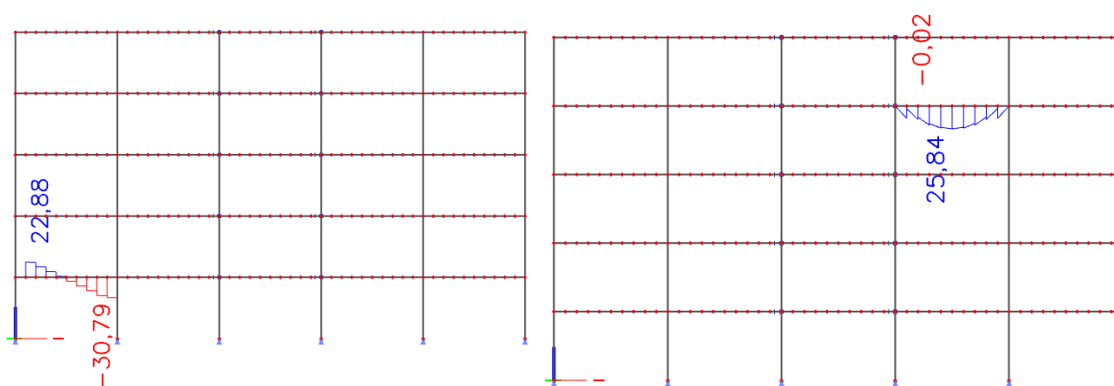
Poloha roviny nulového napětí:

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}}$$

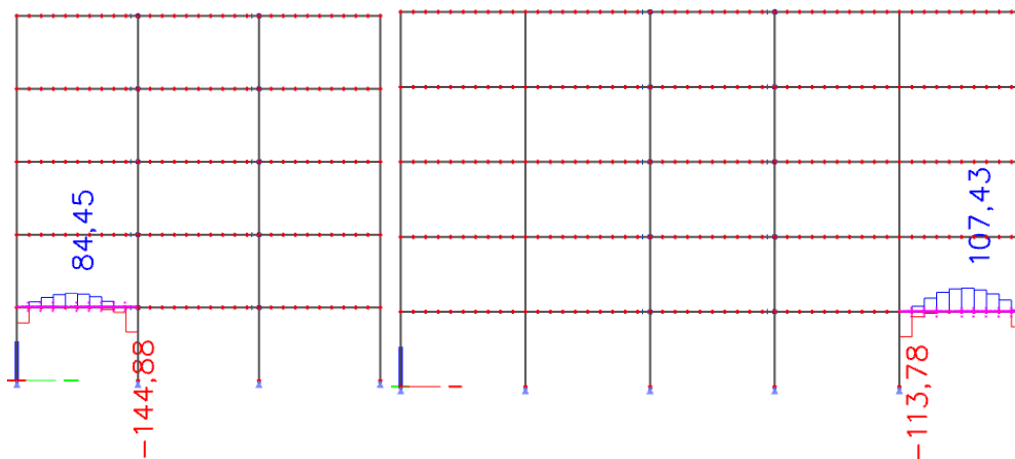
$$i_z = \sqrt{\frac{1,73 \cdot 10^{-4}}{5,20 \cdot 10^{-2}}} = 5,77 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

### 7.2.2 Vnitřní síly

Maximální posouvající síla se nachází na pozici PR112 a maximální ohybový moment pak na pozici PR435. Maximální tlaková síla náleží průvlaku s označením PR116, tahová síla průvlaku PR107.



Obr. 7.6 Vykreslení maximální posouvající síly a maximálního ohybového momentu



Obr. 7.7 Vykreslení maximální tlakové a tahové normálové síly

Maximální posouvající síla:	$V_{\max}$	30,79 kN
Maximální ohybový moment:	$M_{\max}$	25,84 kN
Maximální tlaková síla:	$N_{c,\max}$	-144,88kN

Maximální tahová síla:	$N_{t,max}$	107,43 kN
Maximální kroutící moment:	$M_{x,max}$	3,79 kNm

Délka:	$l$	5 m
Vzpěrná délka:	$l_{cr,z}$	5 m
Součinitel přímosti	$\beta$	0,1 pro lepené lamelové dřevo
Účinná délka:	$l_{ef}$	4 m
Součinitel vlivu trhlin:	$k_{cr}$	0,67 pro lepené lamelové dřevo

Štíhlostní poměr:

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z}$$

$$\lambda_z = \frac{5}{5,77 \cdot 10^{-2}} = \mathbf{86,60}$$

Poměrný štíhlostní poměr:

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{86,60}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{29}{10\,800}} = \mathbf{1,43}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2]$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,43 - 0,3) + 1,43^2] = \mathbf{1,58}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{1,58 + \sqrt{1,58^2 - 1,43^2}} = \mathbf{0,46}$$

Kritické napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot 0,20^2}{0,26 \cdot 4} \cdot 10\,800 = \mathbf{259,20\,MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{32}{259,20}} = \mathbf{0,35}$$

Součinitel příčné a torzní stability:  $k_{crit} = 1,00$  pro  $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$

Součinitel tvaru:

$$k_{shape} = \min \left\{ 1 + 0,15 \cdot \frac{h}{b} \right\}$$

$$k_{shape} = \min \left\{ 1 + 0,15 \cdot \frac{0,26}{0,20} \right\} = \mathbf{1,20}$$

Efektivní průřez:

$$A_{ef} = k_{cr} \cdot b \cdot h$$

$$A_{ef} = 0,67 \cdot 0,20 \cdot 0,26 = \mathbf{3,48 \cdot 10^{-2} m^2}$$

Napětí od normálové síly:

$$\sigma_d = \frac{N}{A}$$

Napětí od ohybového momentu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W_y}$$

Napětí ve smyku:

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{A_{ef}}$$

Napětí v kroucení:

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_t}$$

*Tab.22 Vypočtená napětí*

Zjišťované napětí		Deska	Jednotky
Napětí od normálové síly $\sigma_{i,d}$	Tlakové	-2,79	MPa
	Tahové	2,07	MPa
Napětí od ohybového momentu $\sigma_{m,i,d}$	Tlakové	6,58	MPa
	Tahové	8,25	MPa
Napětí ve smyku $\tau_{v,d}$		1,33	MPa
Napětí v kroucení $\tau_{tor,d}$		1,63	MPa

### 7.2.3 Posouzení napětí v mezním stavu únosnosti

Podmínka spolehlivosti kombinace tlaku a ohybu:

$$\frac{\sigma_{i,c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left( \frac{\sigma_{m,i,d}}{f_{m,y,d}} \right)^2 \leq 1,0$$

Podmínka spolehlivosti kombinace tahu a ohybu:

$$\frac{\sigma_{i,z,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,i,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1,0$$

Podmínka spolehlivosti kombinace smyku a kroucení:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{tor,d}} + \left( \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1,0$$

Pevnost v kroucení:

$$f_{tor,d} = k_{shape} \cdot f_{v,d}$$

Tab.23 Posouzení vypočtených napětí

Napětí	$\sigma_{1,d}$	$\sigma_{m,1,d}$	$\sigma_{2,d}$	$\sigma_{m,2,d}$	$\tau_{v,d}$	$\tau_{tor,d}$	Posudek
<b>Podmínka spolehlivosti</b>	-2,79	6,58	2,07	8,25	1,33	1,63	
$\frac{\sigma_{i,c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left( \frac{\sigma_{m,i,d}}{f_{m,y,d}} \right)^2 \leq 1,0$	0,47						Vyhovuje
$\frac{\sigma_{i,z,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,i,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1,0$			0,46				Vyhovuje
$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{tor,d}} + \left( \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1,0$					0,96		Vyhovuje

### 7.2.4 Posouzení průhybu průvlaku

Okamžitý průhyb stálého zatížení:  $w_{inst,G} = 4,80 \text{ mm}$

Okamžitý průhyb užitného zatížení:  $w_{inst,Q} = 9,40 \text{ mm}$

Výsledný okamžitý průhyb:  $w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q}$

$$w_{inst} = 4,80 + 9,40 = \mathbf{14,20\ mm}$$

Konečný průhyb stálého zatížení:  $w_{net,fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def})$

$$w_{net,fin,G} = 4,80 \cdot (1 + 0,6) = \mathbf{7,68\ mm}$$

Konečný průhyb užitého zatížení:  $w_{net,fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$

$$w_{net,fin,Q} = 9,40 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6) = \mathbf{11,09\ mm}$$

Výsledný konečný průhyb:  $w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q}$

$$w_{net,fin} = 7,68 + 11,21 = \mathbf{18,77\ mm}$$

Pro prostý nosník jsou limitní hodnoty průhybů dány normou:

$$w_{inst} = \frac{l}{300}$$

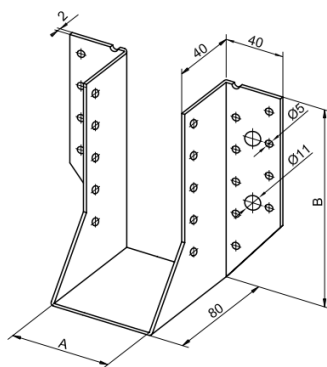
$$w_{net,fin} = \frac{l}{250}$$

*Tab.24 Posouzení průhybu konstrukce*

	Vypočtená hodnota	Maximální průhyb	Posouzení
	[mm]	[mm]	$w \leq w_{lim}$
Výsledný okamžitý průhyb	14,20	16,67	Vyhovuje
Výsledný konečný průhyb	18,77	20	Vyhovuje

### ***7.7.5 Napojení stropnice na průvlak***

Napojení stropnice na průvlak je provedeno spojovacím prostředkem firmy Bova. [32]  
Z katalogu byl vybrán třmen BV/T-60 11-23. Tloušťka třmenu je 60 mm výška byla zvolena 150 mm.



Obr. 7.8 Spojovací prostředek stropnic a průvlaku [32]

Materiál:	Lepené lamelové dřevo	G32h
	Pozinkovaný ocelový plech	Z275
Pevnostní třída hřebíku:		3.6
Zatížení stropu:		Střednědobé
Třída provozu:		1
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_M$	1,25
Modifikační součinitel:	$k_{mod}$	0,80
Mez kluzu ocelového plechu:	$f_y$	275 MPa
Tloušťka plechu:	$t_2$	2 mm
Rozměry ocelového třmene:	A	60mm
	B	150 mm
Hustota dřeva:	$\rho_k$	440 kgm <sup>-3</sup>
Pevnostní třída hřebíku:		3.6
Pevnost hřebíku:	$f_{u,k}$	300 MPa
Průměr hřebíku:	d	4 mm
Délka hřebíku:	l	40 mm
Rozteče hřebíků:	$a_1$	20 mm
Vnik hřebíku do dřeva:	$t_1$	38 mm
Posouvající síla stropnice:	R	6,84kN



Tenká deska:

$$t_p \leq 0,5d$$

$$2 \leq 0,5 \cdot 4 \rightarrow 2 \leq 2$$

**Vyhovuje**

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 300 \cdot 4^{2,6} = \mathbf{3\,308\,Nmm}$$

Pevnost v otlačení dřeva:

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3}$$

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot 440 \cdot 4^{-0,3} = \mathbf{23,80\,MPa}$$

Tenká deska:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,4f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d}{1,15\sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{1\,447}{912} \right\} = \mathbf{912\,N}$$

Návrhová únosnost spoje stropu:

$$F_{v,Rd} = 18 \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

$$F_{v,Rd} = 18 \cdot \frac{0,8 \cdot 912}{1,25} = \mathbf{10\,506\,N}$$

Podmínka spolehlivosti:

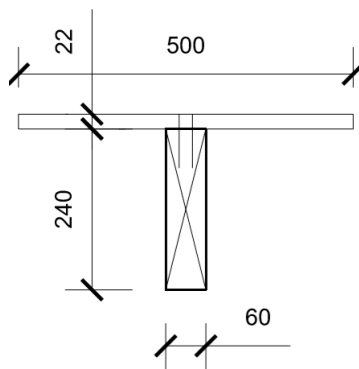
$$\frac{R}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

*Tab.25 Posouzení únosnosti jednostřížného spoje*

Podmínka spolehlivosti	Stropní konstrukce	Posudek
Posouvající síla	6,84 kN	
$\frac{R}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$	0,66	Vyhovuje

## 7.3 Stropnice střešní konstrukce

Stropnice je tvořena nosníkem z rostlého dřeva C24 o rozměrech 60 x 240 mm a délce 5 m. Horní záklop z OSB desky spolupůsobí s nosníkem pomocí dvou vrutů průměru 4 mm ve vzdálenostech 60 mm.



Obr. 7.9 Rozměry stropnice spřažené s OSB deskou

### 7.3.1 Vstupní hodnoty

Materiál:		OSB 3	C24
Zatížení:		Krátkodobé	Krátkodobé
Třída provozu:		1	1
Modul pružnosti:	$E_{0,mean}$	4930 MPa	11000MPa
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_M$	1,20	1,30
Modifikační součinitel:	$k_{mod}$	0,40	0,60
Součinitel dotvarování:	$k_{def}$	1,50	0,60
Součinitel proměnného zatížení:	$\psi_2$	0,30	pro obytné budovy kategorie A
Charakteristická hustota:	$\rho_m$	600 kgm <sup>-3</sup>	350 kgm <sup>-3</sup>
Průměrná hustota:	$\rho_k$	650kgm <sup>-3</sup>	420 kgm <sup>-3</sup>
E modul v konečném stavu:	$E_{mean,fin} = \frac{E_{0,mean}}{(1+\psi_2 \cdot k_{def})}$		
	E	3400 MPa	11 440MPa

Charakteristická pevnost materiálu:

Ohyb	$f_{m,k}$	14,80MPa	24,00 MPa
Tlak	$f_{c,0,k}$	14,80MPa	21,00 MPa
Tah	$f_{t,0,k}$	9,00MPa	14,00 MPa
Smyk	$f_{v,k}$	6,80 MPa	4,00 MPa

Návrhová pevnost materiálu:

$$f_{x,d} = \frac{f_{x,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ohyb	$f_{m,d}$	4,93MPa	11,07MPa
Tlak	$f_{c,0,d}$	4,93MPa	9,69MPa
Tah	$f_{t,0,d}$	3,00MPa	6,46MPa
Smyk	$f_{v,d}$	2,27 MPa	1,85MPa

Šířka:	b	500 mm	60 mm
Výška:	h	22 mm	240 mm
Osová vzdálenost nosníků:	o		500 mm
Délka:	l	5000 mm	5000 mm
Vnik hřebíku:	$h_h$	22 mm	78 mm

Průměrná hustota:

$$\rho_m = \sqrt{\rho_{m,1} \cdot \rho_{m,2}}$$

$$\rho_m = \sqrt{600 \cdot 350} = \mathbf{522,49 \text{ kgm}^{-3}}$$

Efektivní šířka desky

$$b_{c,eff} = \min \left\{ \frac{0,2 \cdot l}{30 \cdot t} \right\}$$

$$b_{c,eff} = \min \left\{ \frac{0,2 \cdot 5000}{30 \cdot 22} \right\} = 660 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = \min \left\{ \frac{b_{c,eff} + b}{o} \right\}$$

$$b_{eff} = \min \left\{ \frac{660 + 60}{500} \right\} = \mathbf{500 \text{ mm}}$$

Plocha prvku:  $A = b \cdot h$

Moment setrvačnosti:  $I = \frac{1}{12} b \cdot h^3$

Součinitel:  $\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot s_1}{K_1 \cdot l^2}}$

$$\gamma_2 = 1,0$$

Poloha roviny nulového napětí:  $a_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\gamma_1 \cdot A_1 \cdot (h_1 + h_2)}{\sum \gamma_i \cdot A_i}$

$$a_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} - a_2$$

Efektivní tuhost v ohybu:  $(EI)_{ef} = \sum_{i=1}^2 (E_i \cdot I_{i,y} + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i)$

Tab.26 Výsledné hodnoty zjišťovaných veličin pro desku a nosník

Zjišťované veličiny		Deska	Nosník	Jednotky
Plocha [A]		11 000	14 400	mm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti [I]		4,44·10 <sup>5</sup>	6,91·10 <sup>7</sup>	mm <sup>4</sup>
E modul a modul posunutí	Počáteční stav	4930	11000	MPa
	Konečný stav	3400	9322	MPa
Součinitel [γ]	Počáteční stav	0,65	1,00	-
	Konečný stav	0,64	1,00	-
Poloha roviny nulového napětí [a]	Počáteční stav	107,07	23,93	mm
	Konečný stav	111,05	19,95	mm
Efektivní tuhost v ohybu[(EI) <sub>ef</sub> ]	Počáteční stav	1,26·10 <sup>12</sup>		Nmm <sup>2</sup>
	Konečný stav	9,97·10 <sup>11</sup>		Nmm <sup>2</sup>

### 7.3.2 Vnitřní síly

Maximální posouvající síla se nachází na pozici PR5088 a maximální ohybový moment pak na pozici PR5104.



Obr. 7.10 Vykreslení maximální posouvající síly a maximálního ohybového momentu stropnice

Maximální posouvající síla: 5,07 kN

Maximální ohybový moment: 3,77 kNm

Maximální napětí v tlaku:  $\sigma_{i,d} = \frac{\gamma_i \cdot E_i \cdot a_i \cdot M_{max}}{(EI)_{ef}}$

Normálové napětí v ohybu:  $\sigma_{m,i,d} = \frac{\gamma_i \cdot E_i \cdot h_i \cdot M_{max}}{2 \cdot (EI)_{ef}}$

Napětí ve smyku v neutrální rovině bude přenášet pouze stropnice:

$$h = \frac{h_2}{2} + a_2$$

$$h = \frac{240}{2} + 23,93 = \mathbf{143,93 \text{ mm}}$$

$$h = \frac{240}{2} + 19,95 = 139,95 \text{ mm}$$

$$\tau_{2,max,d} = \frac{V_{max,d} \cdot (0,5 \cdot E_2 \cdot b_2 \cdot h)}{(EI)_{ef} \cdot b_2}$$

Tab.26 Napětí na desce a nosníku v počátečním a konečném stavu

Zjišťované napětí		Deska	Nosník	Jednotky
Napětí v těžišti $\sigma_{i,d}$	Počáteční stav	-1,03	0,79	MPa
	Konečný stav	-0,92	0,70	MPa
Krajní napětí $\sigma_{m,i,d}$	Počáteční stav	0,16	3,95	MPa
	Konečný stav	0,14	4,23	MPa
Napětí ve smyku $\tau_{2,max,d}$	Počáteční stav		0,64	MPa
	Konečný stav		0,65	MPa

### 7.3.3 Posouzení napětí v mezním stavu únosnosti

Podmínka spolehlivosti kombinace tlaku a ohybu:

$$\frac{\sigma_{i,c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left( \frac{\sigma_{m,i,d}}{f_{m,y,d}} \right)^2 \leq 1,0$$

Podmínka spolehlivosti kombinace tahu a ohybu:

$$\frac{\sigma_{i,z,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,i,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1,0$$

Podmínka spolehlivosti smykové únosnosti:

$$\frac{\tau_{2,max,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

Tab.28 Posouzení napětí v počátečním a konečném stavu

Stav	$\sigma_{1,d}$	$\sigma_{m,1,d}$	$\sigma_{2,d}$	$\sigma_{m,2,d}$	$\tau_{2,max,d}$	Posudek
Začátek	-1,36	0,21	1,04	5,23	0,64	
Konec	-1,22	0,19	0,93	5,60	0,65	
$\frac{\sigma_{i,c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,i,d}}{f_{m,y,d}}\right)^2 \leq 1,0$	0,21 0,19					Vyhovuje
						Vyhovuje
$\frac{\sigma_{i,z,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,i,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1,0$			0,48 0,49			Vyhovuje
						Vyhovuje
$\frac{\tau_{2,max,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$					0,35	Vyhovuje

### 7.3.4 Posouzení průhybu stropnice

Stálé zatížení střešní konstrukce:  $g_k$  0,96 kNm<sup>-1</sup>

Užitné zatížení:  $q_k$  0,52 kNm<sup>-1</sup>

Okamžitý průhyb stálého zatížení:  $w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot l^4}{(EI)_{ef}}$

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,96 \cdot 5000^4}{1,26 \cdot 10^{12}} = \mathbf{6,21 \text{ mm}}$$

Okamžitý průhyb užitného zatížení:  $w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot l^4}{(EI)_{ef}}$

$$w_{inst,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,52 \cdot 5000^4}{1,26 \cdot 10^{12}} = \mathbf{3,36 \text{ mm}}$$

Výsledný okamžitý průhyb:  $w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q}$

$$w_{inst} = 6,21 + 3,36 = \mathbf{9,57 \text{ mm}}$$

Konečný průhyb stálého zatížení:  $w_{net,fin,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot l^4}{(EI)_{ef}}$

$$w_{net,fin,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,96 \cdot 5000^4}{9,97 \cdot 10^{11}} = \mathbf{7,84 \text{ mm}}$$

Konečný průhyb užitého zatížení:  $w_{net,fin,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot l^4}{(EI)_{ef}}$

$$w_{net,fin,Q} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,52 \cdot 5000^4}{9,97 \cdot 10^{11}} = \mathbf{4,24 \text{ mm}}$$

Výsledný konečný průhyb:  $w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q}$

$$w_{net,fin} = 7,84 + 4,24 = \mathbf{12,08 \text{ mm}}$$

Pro prostý nosník jsou limitní hodnoty průhybů dány normou:

$$w_{inst} = \frac{l}{300}$$

$$w_{net,fin} = \frac{l}{250}$$

*Tab.29 Posouzení napětí v počátečním a konečném stavu*

	Vypočtená hodnota	Maximální průhyb	Posouzení
	[mm]	[mm]	$w \leq w_{lim}$
Výsledný okamžitý průhyb	9,57	16,67	Vyhovuje
Výsledný konečný průhyb	12,08	20	Vyhovuje

### **7.3.5 Posouzení únosnosti vrutového spoje**

Mez pevnosti spoj. prostředku:	$f_u$	800	MPa
Průměr spoj. prostředku:	$d$	4,00	mm
Efektivní průměr vřutu:	$d_{ef}$	4,40	mm
Délka:	$l$	100	mm
Rozteč po délce nosníku:	$s$	60	mm
Počet spojovacích prostředků:	$n$	2	



Modul prokluzu:

$$k_{ser} = \rho_m^{1,5} \frac{2 \cdot d^{0,8}}{30}$$

$$k_{ser} = 522,49^{1,5} \frac{2 \cdot 4,4^{0,8}}{30} = \mathbf{2414 \text{ Nmm}^{-1}}$$

$$k_u = \frac{2}{3} k_{ser}$$

$$k_u = \frac{2}{3} \cdot 2414 = \mathbf{1609 \text{ Nmm}^{-1}}$$

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,45 \cdot f_u \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,45 \cdot 800 \cdot 4,4^{2,6} = \mathbf{16\,954 \text{ Nmm}^{-1}}$$

Návrhová hodnota smykové síly ve spárách připojení:

$$F_{1,v,Ed} = \frac{V_{max,d} \cdot \gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 \cdot a_1 \cdot s_{1,min}}{(EI)_{ef}}$$

Okamžitá smyková síla:

$$F_{1,v,Ed} = \frac{7,05 \cdot 10^3 \cdot 0,65 \cdot 4930 \cdot 11000 \cdot 107,07 \cdot 60 \cdot 10^3}{1,26 \cdot 10^{12}}$$

$$F_{1,v,Ed} = \mathbf{1\,273 \text{ N}}$$

Konečná smyková síla:

$$F_{1,v,Ed} = \frac{7,05 \cdot 10^3 \cdot 0,64 \cdot 3400 \cdot 9322 \cdot 111,05 \cdot 60 \cdot 10^3}{9,38 \cdot 10^{11}}$$

$$F_{1,v,Ed} = \mathbf{1\,137 \text{ N}}$$

Pevnost v otláčení desky:

$$f_{h,1,k} = 65 \cdot t_1^{0,1} \cdot d^{-0,7}$$

$$f_{h,1,k} = 65 \cdot 22^{0,1} \cdot 4,4^{-0,7} = \mathbf{31,39 \text{ MPa}}$$

Pevnost v otláčení dřeva:

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3}$$

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot 350 \cdot 4,4^{-0,3} = \mathbf{18,40 \text{ MPa}}$$

Poměr pevností v otláčení:

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$$

$$\beta = \frac{18,40}{31,39} = \mathbf{0,59}$$

Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \left[ \sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[ 1 + \frac{t_2}{t_1} + \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left( 1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d}{1 + 2\beta} \left[ \sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (1 + 2\beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 3\,038 \\ 6\,315 \\ 2\,285 \\ 2\,273 \\ 2\,635 \\ 2\,140 \end{array} \right\} = \mathbf{2\,140\,N}$$

Návrhová únosnost spojovacích prostředků:

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

OSB desky:

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot \frac{0,4 \cdot 2140}{1,2} = \mathbf{1\,426\,N}$$

Dřevěného nosníku:

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 2140}{1,3} = \mathbf{1\,975\,N}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\max F_{1,v,Ed} \leq \min F_{v,Rd}$$

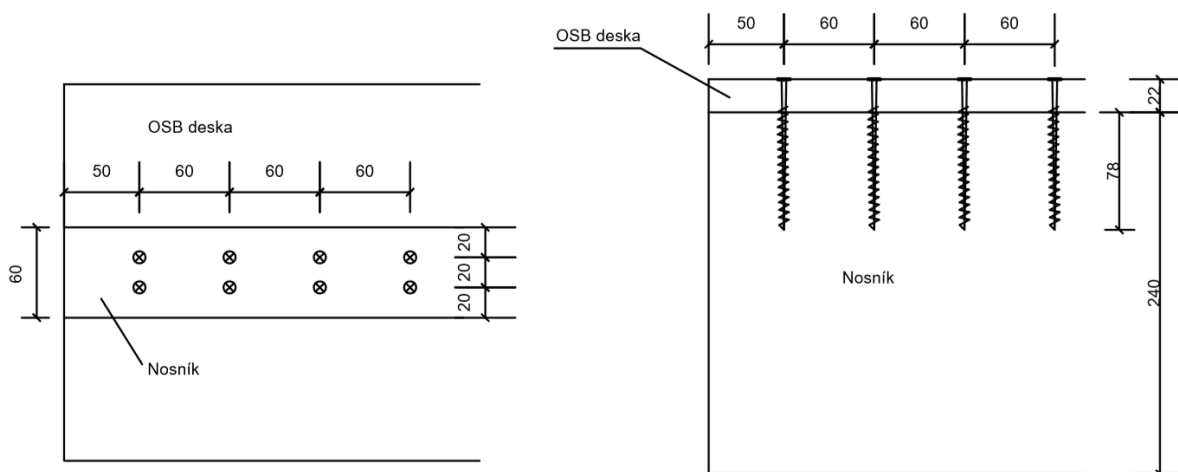
Tab.30 Posouzení únosnosti spojovacích prostředků

	$F_{1,v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	Posouzení
	[N]	[N]	$F_{1,v,Ed} \leq F_{v,Rd}$
Únosnost spojovacích prostředků	1273	1426	Vyhovuje

### 7.3.6 Posouzení vzdáleností roztečí spojovacích prostředků

Tab.31 Minimální rozteče a vzdálenosti od krajů pro hřebíky[31]

Rozteče nebo vzdálenosti	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti
	$\alpha$	
Rozteč $a_1$ (rovnoběžně s vlákny)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 +  \cos \alpha )d$
Rozteč $a_2$ (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(3 +  \cos \alpha )d$
Vzdálenost $a_{3,t}$ (zatížený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(7 + 5 \cos \alpha)d$
Vzdálenost $a_{3,c}$ (nezatížený konec)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$7d$
Vzdálenost $a_{4,t}$ (zatížený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(3 + 4 \sin \alpha)d$
Vzdálenost $a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$



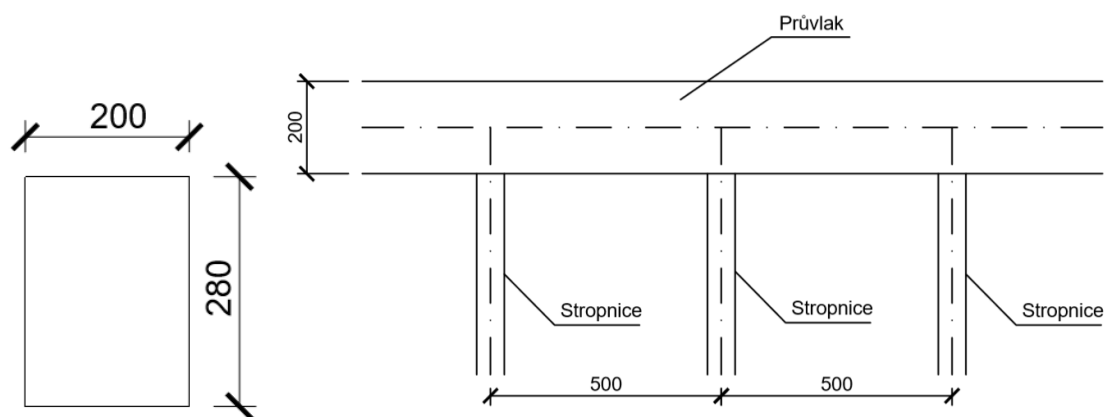
Obr. 7.11 Vzdálenosti a rozteče hřebíků spojujících OSB desku s nosníkem

Tab.32 Použité rozteče a vzdálenosti a jejich posouzení na minimální hodnotu

Rozteče nebo vzdálenosti	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti	Použité rozteče nebo vzdálenosti	Posouzení
	$\alpha$	[mm]	[mm]	
Rozteč $a_1$ (rovnoběžně s vlákny)	0°	20	60	Vyhovuje
Rozteč $a_2$ (kolmo k vláknům)	0°	16	20	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{3,t}$ (zatížený konec)	0°	48	50	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{4,t}$ (zatížený okraj)	180°	12	20	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	180°	12	20	Vyhovuje

## 7.4 Průvlak střešní konstrukce

Střešní průvlak je vyroben z lepeného lamelového dřeva G32h. Průvlak přenáší zatížení ze stropnic do sloupů a také jednu čtvrtinu roznášecí šířky stropu. Spojení stropnice a průvlaku je provedeno třmenem firmy Bova.[32]



Obr. 7.12 Rozměry průvlaku a napojení stropnic na průvlak

### 7.4.1 Vstupní hodnoty

Materiál:	Lepené lamelové dřevo	G32h
Zatížení:	Krátkodobé	
Třída provozu:		1
Modul pružnosti:	$E_{0,mean}$	13 500 MPa
	$E_{0,05}$	10 800 MPa
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_M$	1,25
Mod. součinitel střecha:	$k_{mod}$	0,90
Součinitel dotvarování:	$k_{def}$	0,60
Součinitel proměnného zat.:	$\psi_2$	0,0 pro střechy kategorie H
Charakteristická hustota:	$\rho_k$	440 kgm <sup>-3</sup>
Charakteristická pevnost materiálu:		
Ohyb	$f_{m,k}$	32,00MPa
Tlak	$f_{c,0,k}$	24,00MPa
Tah	$f_{t,0,k}$	29,00MPa
Smyk	$f_{v,k}$	3,50 MPa
Návrhová pevnost materiálu:	$f_{x,d} = \frac{f_{x,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}$	
Ohyb	$f_{m,d}$	20,48MPa
Tlak	$f_{c,0,d}$	15,36MPa
Tah	$f_{t,0,d}$	18,56MPa
Smyk	$f_{v,d}$	2,24 MPa
Šířka:	b	200 mm
Výška:	h	280 mm
Délka:	l	5000 mm
Bezrozměrný součinitel:	$\alpha$	0,19
	$\beta$	0,23

Plocha prvku:

$$A = b \cdot h$$

$$A = 0,20 \cdot 0,28 = 5,60 \cdot 10^{-2} m^2$$

Moment setrvačnosti:

$$I = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

$$I_z = \frac{1}{12} 0,28 \cdot 0,20^3 = 1,87 \cdot 10^{-4} m^4$$

Průřezový modul:

$$W_y = \frac{1}{6} b \cdot h^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} 0,20 \cdot 0,28^2 = 2,61 \cdot 10^{-3} m^3$$

Průřezový modul v kroucení:

$$W_t = \beta \cdot h \cdot b^2$$

$$W_t = 0,23 \cdot 0,28 \cdot 0,20^2 = 2,54 \cdot 10^{-3} m^3$$

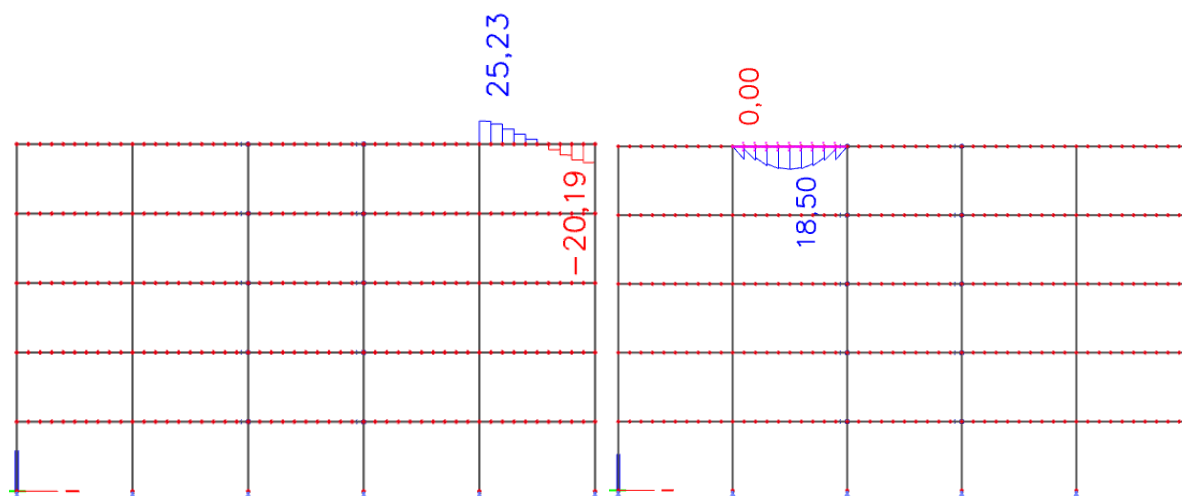
Poloha roviny nulového napětí:

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}}$$

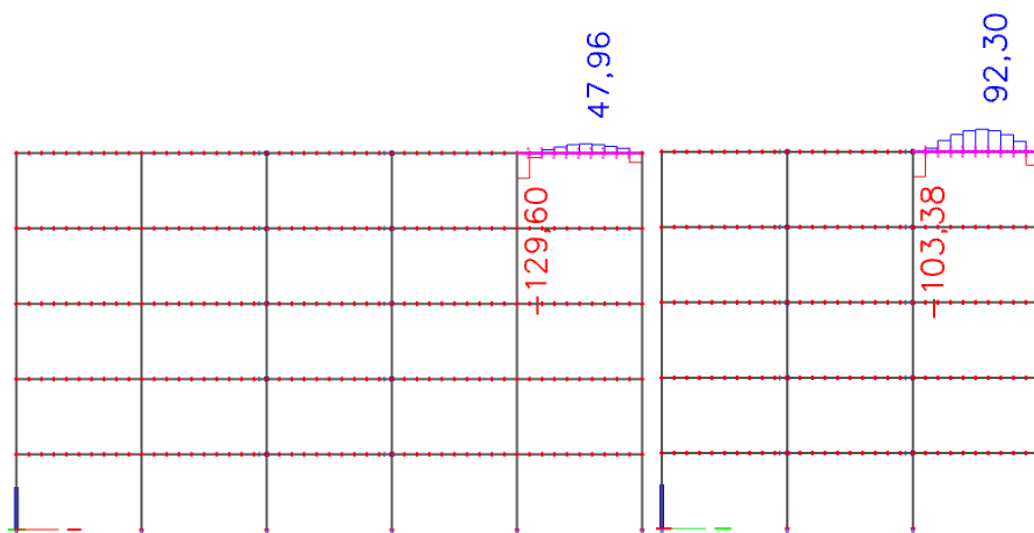
$$i_z = \sqrt{\frac{1,87 \cdot 10^{-4}}{5,60 \cdot 10^{-2}}} = 5,77 \cdot 10^{-2} m$$

### 7.4.2 Vnitřní síly

Maximální posouvající síla se nachází na pozici PR530 a maximální ohybový moment pak na pozici PR533. Maximální tlaková síla náleží průvlaku s označením PR525, tahová síla průvlaku PR529.



Obr. 7.13 Vykreslení maximální posouvající síly a maximálního ohybového momentu střešních průvlaků



Obr. 7.14 Vykreslení maximální tlakové a tahové normálové síly střešních průvlaků

Maximální posouvající síla:	$V_{\max}$	25,75 kN
Maximální ohybový moment:	$M_{\max}$	18,50 kNm
Maximální tlaková síla:	$N_{c,\max}$	-129,60 kN
Maximální tahová síla:	$N_{t,\max}$	92,30 kN
Maximální kroutící moment:	$M_{x,\max}$	1,85 kNm

Délka:	$l$	5 m
Vzpěrná délka:	$l_{cr,z}$	5 m
Součinitel přímosti	$\beta$	0,1 pro lepené lamelové dřevo
Účinná délka:	$l_{ef}$	4 m
Součinitel vlivu trhlin:	$k_{cr}$	0,67 pro lepené lamelové dřevo

Štíhlostní poměr:

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z}$$

$$\lambda_z = \frac{5}{5,77 \cdot 10^{-2}} = \mathbf{86,60}$$

Poměrný štíhlostní poměr:

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{86,60}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{29}{10\,800}} = \mathbf{1,43}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2]$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,43 - 0,3) + 1,43^2] = \mathbf{1,58}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{1,58 + \sqrt{1,58^2 - 1,43^2}} = \mathbf{0,45}$$

Kritické napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot 0,20^2}{0,28 \cdot 4} \cdot 10\,800 = \mathbf{300,86\,MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{32}{300,86}} = \mathbf{0,33}$$

Součinitel příčné a torzní stability:  $k_{crit} \quad 1,00 \quad \text{pro } \lambda_{rel,m} \leq 0,75$

Součinitel tvaru:

$$k_{shape} = \min \left\{ \frac{1 + 0,15 \cdot \frac{h}{b}}{2} \right\}$$

$$k_{shape} = \min \left\{ \frac{1 + 0,15 \cdot \frac{0,28}{0,20}}{2} \right\} = \mathbf{1,21}$$

Efektivní průřez:

$$A_{ef} = k_{cr} \cdot b \cdot h$$

$$A_{ef} = 0,67 \cdot 0,20 \cdot 0,28 = \mathbf{3,75 \cdot 10^{-2} m^2}$$

Napětí od normálové síly:

$$\sigma_d = \frac{N}{A}$$

Napětí od ohybového momentu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W_y}$$



Napětí ve smyku: 
$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{A_{ef}}$$

Napětí v kroucení: 
$$\tau_{tor,d} = \frac{M_x}{W_t}$$

*Tab.32 Vypočtené hodnoty napětí v průvlaku střešní konstrukce*

Zjišťované napětí		Deska	Jednotky
Napětí od normálové síly $\sigma_{i,d}$	Tlakové	-2,31	MPa
	Tahové	1,65	MPa
Napětí od ohybového momentu $\sigma_{m,i,d}$	Tlakové	0,00	MPa
	Tahové	4,66	MPa
Napětí ve smyku $\tau_{v,d}$		1,60	MPa
Napětí v kroucení $\tau_{tor,d}$		0,73	MPa

### 7.4.3 Posouzení napětí v mezním stavu únosnosti

Podmínka spolehlivosti kombinace tlaku a ohybu:

$$\frac{\sigma_{i,c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left( \frac{\sigma_{m,i,d}}{f_{m,y,d}} \right)^2 \leq 1,0$$

Podmínka spolehlivosti kombinace tahu a ohybu:

$$\frac{\sigma_{i,z,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,i,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1,0$$

Podmínka spolehlivosti kombinace smyku a kroucení:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{tor,d}} + \left( \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1,0$$

Pevnost v kroucení: 
$$f_{tor,d} = k_{shape} \cdot f_{v,d}$$

Tab.33 Posouzení vypočtených napětí průvlaku střešní konstrukce

Podmínka spolehlivosti	$\sigma_{1,d}$	$\sigma_{m,1,d}$	$\sigma_{2,d}$	$\sigma_{m,2,d}$	$\tau_{v,d}$	$\tau_{tor,d}$	Posudek
	-2,31	0,00	1,65	4,66	1,60	0,73	
$\frac{\sigma_{i,c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,i,d}}{f_{m,y,d}}\right)^2 \leq 1,0$	0,11						Vyhovuje
$\frac{\sigma_{i,z,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,i,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1,0$			0,25				Vyhovuje
$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{tor,d}} + \left(\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}}\right)^2 \leq 1,0$					0,64		Vyhovuje

#### 7.4.4 Posouzení průhybu průvlaku

Okamžitý průhyb stálého zatížení:  $w_{inst,G} = 6,30 \text{ mm}$

Okamžitý průhyb užitečného zatížení:  $w_{inst,Q} = 3,30 \text{ mm}$

Výsledný okamžitý průhyb:

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q}$$

$$w_{inst} = 6,30 + 3,30 = \mathbf{9,90 \text{ mm}}$$

Konečný průhyb stálého zatížení:

$$w_{net,fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def})$$

$$w_{net,fin,G} = 6,30 \cdot (1 + 0,8) = \mathbf{11,34 \text{ mm}}$$

Konečný průhyb užitečného zatížení:  $w_{net,fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$

$$w_{net,fin,Q} = 3,30 \cdot (1 + 0,0 \cdot 0,8) = \mathbf{3,30 \text{ mm}}$$

Výsledný konečný průhyb:

$$w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q}$$

$$w_{net,fin} = 11,34 + 3,30 = \mathbf{14,64 \text{ mm}}$$

Pro prostý nosník jsou limitní hodnoty průhybů dány normou:

$$w_{inst} = \frac{l}{300}$$

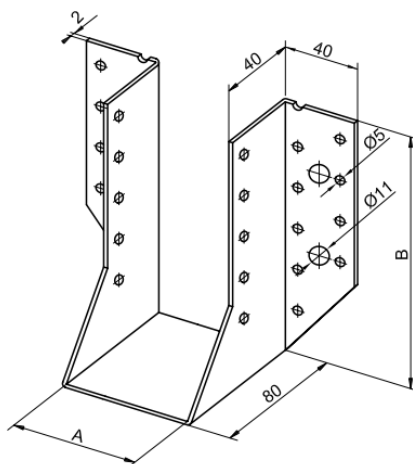
$$w_{net,fin} = \frac{l}{250}$$

Tab.34 Posouzení průhybu průvlaku střešní konstrukce

	Vypočtená hodnota	Maximální průhyb	Posouzení
	[mm]	[mm]	$w \leq w_{lim}$
Výsledný okamžitý průhyb	11,34	16,67	Vyhovuje
Výsledný konečný průhyb	14,64	20	Vyhovuje

#### 7.4.5 Napojení stropnice na průvlak

Napojení stropnice na průvlak je provedeno spojovacím prostředkem firmy Bova. [32]  
Z katalogu byl vybrán třmen BV/T-60 11-23. Tloušťka třmenu je 60 mm výška byla zvolena 150 mm. Spojení je provedeno hřebíky průměru 4mm a délky 40 mm.



Obr. 7.15 Spojovací prostředek stropnic a průvlaku [32]

Materiál:	Lepené lamelové dřevo	G32h
	Pozinkovaný ocelový plech	Z275
Pevnostní třída hřebíku:		3.6
Zatížení střechy:		Střednědobé
Třída provozu:		1

Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_M$	1,25
Modifikační součinitel:	$k_{mod}$	0,90
Mez kluzu ocelového plechu:	$f_y$	275 MPa
Tloušťka plechu:	$t_2$	2 mm
Rozměry ocelového třmene:	A	60 mm
	B	150 mm
Hustota dřeva:	$\rho_k$	440 kgm <sup>-3</sup>
Pevnostní třída hřebíku:		3.6
Pevnost hřebíku:	$f_{u,k}$	300 MPa
Průměr hřebíku:	d	4 mm
Délka hřebíku:	l	40 mm
Rozteče hřebíků:	a <sub>1</sub>	20 mm
Vnik hřebíku do dřeva:	t <sub>1</sub>	38 mm
Posouvající síla stropnice:	R	5,07kN

Tenká deska:

$$t_p \leq 0,5d$$

$$2 \leq 0,5 \cdot 4 \rightarrow 2 \leq 2$$

**Vyhovuje**

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 300 \cdot 4^{2,6} = \mathbf{3\,308\,Nmm}$$

Pevnost v otlacení dřeva:

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3}$$

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot 440 \cdot 4^{-0,3} = \mathbf{23,80\,MPa}$$

Tenká deska:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,4 f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d}{1,15 \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{1\,447}{912} \right\} = \mathbf{912\,N}$$

Návrhová únosnost spoje stropu:  $F_{v,Rd} = 18 \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$

$$F_{v,Rd} = 18 \cdot \frac{0,9 \cdot 912}{1,25} = 11\,820\,N$$

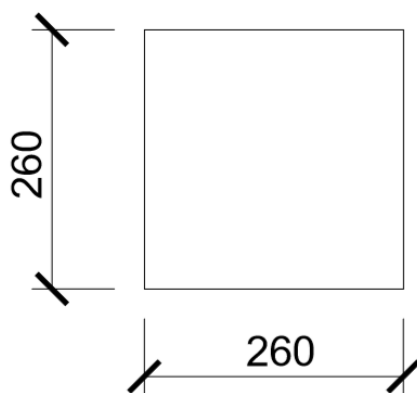
Podmínka spolehlivosti:  $\frac{R}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$

Tab.35 Posouzení únosnosti jednostřížného spoje

Podmínka spolehlivosti	Střešní konstrukce	Posudek
Posouvající síla	5,07 kN	
$\frac{R}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$	0,43	Vyhovuje

## 7.5 Sloup

Sloupy jsou tvořeny z lepeného lamelového dřeva G32h rozměru 260 x 260 mm. Délka jednoho sloupu je 3 m, což je konstrukční výška jednoho podlaží. Ke sloupům jsou pomocí ocelových botek připojeny průvlaky. Pro výpočet byla použita norma ČSN EN 1995 1-1.[31]



Obr. 7.16 Půdorysné rozměry sloupu

### 7.5.1 Vstupní hodnoty

Materiál:	Lepené lamelové dřevo	G32h
Zatížení:	Krátkodobé	
Třída provozu:		1
Modul pružnosti:	$E_{0,mean}$	13 500 MPa
	$E_{0,05}$	10 800 MPa
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_M$	1,25
Modifikační součinitel:	$k_{mod}$	0,90
Součinitel dotvarování:	$k_{def}$	0,60
Součinitel vlivu trhlin:	$k_{cr}$	0,67 pro lepené lamelové dřevo
Součinitel přímosti	$\beta$	0,1 pro lepené lamelové dřevo
Součinitel vlivu trhlin:	$k_{cr}$	0,67 pro lepené lamelové dřevo

Charakteristická pevnost materiálu:

Ohyb	$f_{m,k}$	32,00MPa
Tlak	$f_{c,0,k}$	24,00MPa
Tah	$f_{t,0,k}$	29,00MPa

Návrhová pevnost materiálu:  $f_{x,d} = \frac{f_{x,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}$

Ohyb	$f_{m,d}$	20,48MPa
Tlak	$f_{c,0,d}$	15,36MPa
Tah	$f_{t,0,d}$	18,56MPa

Průřezové charakteristiky:

Délka:	$l$	3,00 m
Vzpěrná délka:	$l_{cr,z}$	3,00 m
Bezrozměrný součinitel kroucení:	$\alpha$	0,14
	$\beta$	0,21

Plocha prvku:

$$A = b \cdot h$$

$$A = 0,26 \cdot 0,26 = \mathbf{6,76 \cdot 10^{-2} m^2}$$

Moment setrvačnosti:

$$I = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

$$I = \frac{1}{12} 0,26 \cdot 0,26^3 = \mathbf{3,81 \cdot 10^{-4} m^4}$$

Průřezový modul:

$$W_y = \frac{1}{6} b \cdot h^2$$

$$W_y = \frac{1}{6} 0,20 \cdot 0,28^2 = \mathbf{2,93 \cdot 10^{-3} m^3}$$

Průřezový modul v kroucení:

$$W_t = \beta \cdot h \cdot b^2$$

$$W_t = 0,21 \cdot 0,26 \cdot 0,26^2 = \mathbf{3,66 \cdot 10^{-3} m^3}$$

Poloha roviny nulového napětí:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$i = \sqrt{\frac{3,81 \cdot 10^{-4}}{6,76 \cdot 10^{-2}}} = \mathbf{7,51 \cdot 10^{-2} m}$$

Štíhlostní poměr:

$$\lambda = \frac{l_{cr}}{i}$$

$$\lambda = \frac{3,00}{7,51 \cdot 10^{-2}} = \mathbf{39,97}$$

Poměrný štíhlostní poměr:

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$\lambda_{rel} = \frac{39,97}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{29}{10\,800}} = \mathbf{0,66}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

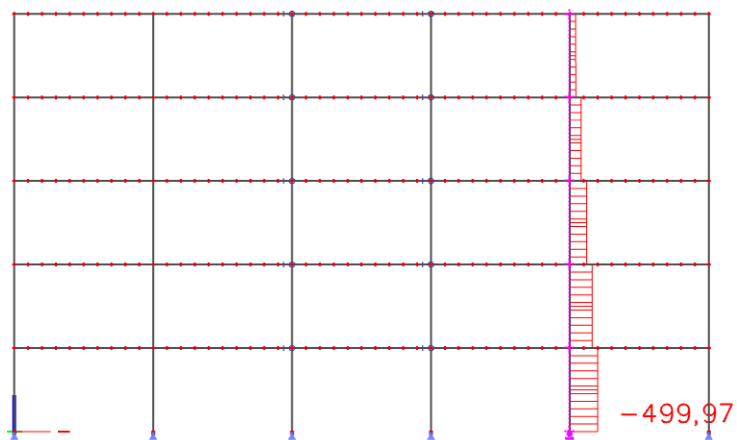
$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,66 - 0,3) + 0,66^2] = \mathbf{0,74}$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$$k_c = \frac{1}{0,74 + \sqrt{0,74^2 - 0,66^2}} = \mathbf{0,94}$$

## 7.5.2 Vnitřní síly

Maximální tlaková normálová síla vzniká na sloupu S117.



Obr. 7.17 Maximální normálové síly sloupu

Maximální tlaková síly:  $N_{\max}$  -499,97 kN

Maximální ohybový moment:  $M_x$  4,00 kNm

$M_y$  12,23 kNm

Napětí v tlaku:  $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{\max}}{A}$

Napětí v ohybu:  $\sigma_{m,i,d} = \frac{M}{W}$

Tab.36 Výsledná napětí působící na sloup

Zjišťované napětí		Hodnota	Jednotky
Napětí od normálové síly $\sigma_{c,0,d}$		-7,40	MPa
Napětí od ohybového momentu $\sigma_{m,i,d}$	Ve směru x	1,09	MPa
	Ve směru y	4,17	MPa



### 7.5.3 Posouzení napětí v mezním stavu únosnosti

Podmínka spolehlivosti únosnosti průřezu:  $\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,c,0,d}} \leq 1,0$

Únosnost průřezu v tlaku:  $f_{c,c,0,d} = k_c \cdot f_{c,0,d}$

Podmínka spolehlivosti kombinace tlaku a dvouosého ohybu:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + \frac{k_m \cdot \sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{k_m \cdot \sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0$$

Tab.37 Posouzení napětí v mezním stavu únosnosti

Podmínka spolehlivosti	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,x,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	Posudek
	-7,40	1,09	4,17	
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,c,0,d}} \leq 1,0$	0,42			Vyhovuje
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + \frac{k_m \cdot \sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0$	0,62			Vyhovuje
$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{k_m \cdot \sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0$	0,66			Vyhovuje

### 7.5.4 Stlačení sloupu

Okamžité stlačení od stálého zatížení:  $\Delta l_{i,g} = \frac{N_{i,g} \cdot l}{E \cdot A_i}$

Okamžité stlačení od proměnného zatížení:  $\Delta l_{i,q} = \frac{N_{i,q} \cdot l}{E \cdot A_i}$

Celkové okamžité stlačení:  $\Delta l = \sum_{i=1}^5 \Delta l_{i,g} + \Delta l_{i,q}$

Tab.38 Stlačení sloupů v jednotlivých podlažích od stálého a proměnného zatížení

Číslo podlaží a příslušná normálová síla		Okamžité stlačení		Jednotky
		Stálé zatížení	Proměnné zatížení	
1. podlaží	-499,97 MPa	0,94	0,90	mm
2. podlaží	-400,77 MPa	0,78	0,74	mm
3. podlaží	-302,19 MPa	0,61	0,58	mm
4. podlaží	-203,71 MPa	0,45	0,42	mm
5. podlaží	-105,22 MPa	0,29	0,26	mm
Celkové stlačení:		3,07	2,68	mm
Celkové stlačení:		5,75		mm

Celkové konečné stlačení stálého zatížení:  $\Delta l_{g,fin} = \Delta l_g \cdot (1 + k_{def})$

$$\Delta l_{g,fin} = 3,07 \cdot (1 + 0,6) = 4,91 \text{ mm}$$

Celkové konečné stlačení užitého zatížení:  $\Delta l_{q,fin} = \Delta l_q \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$

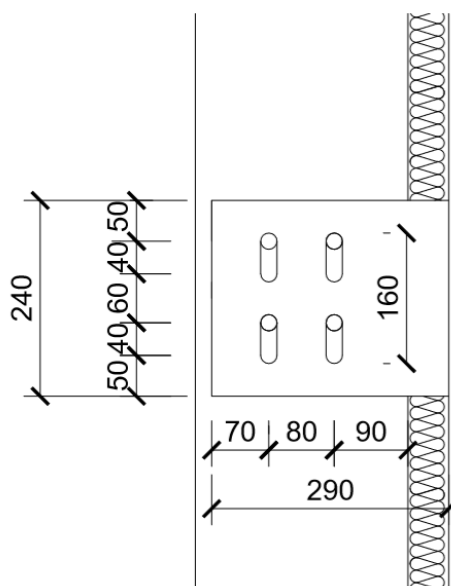
$$\Delta l_{q,fin} = 2,68 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6) = 3,16 \text{ mm}$$

Celkové konečné stlačení:

$$\Delta l_{fin} = \Delta l_{g,fin} + \Delta l_{q,fin}$$

$$\Delta l_{fin} = 4,91 + 3,16 = 8,07 \text{ mm}$$

Součástí ztužení stavby je připojení sloupů k betonovému jádru, beton a dřevo mají různé moduly pružnosti, stlačování proto nebude rovnoměrné. Bylo nutno proto navrhnout takový spoj, aby nebránil svislému stlačení stavby.



Obr. 7.18 Připojení sloupu k betonovému jádru

### 7.5.5 Posouzení na požární únosnost

Sloupy jsou chráněny dvěma vrstvami sádkartonových desek typu F, tloušťky 15mm. Dle ČSN EN 1995-1-2, povrchy chráněné protipožárními obvodovými plášti, jinými ochrannými materiály nebo jinými konstrukčními prvky se má uvážit, že počátek zuhelnatění je posunut do času  $t_{ch}$ .

Tloušťka sádkartonové desky:  $h_p$  15 mm

Spolupůsobení dvou desek:  $h_{p2}$  22,5 mm

Posun počátku zuhelnatění:  $t_{ch} = 2,8h_p - 14$

$$t_{ch} = 2,8 \cdot 22,5 - 14 = 49 \text{ min}$$

Požadovaná norm.doba pož. odol.:  $t_{req}$  60 min

$$t_{ch} \geq t_{req} - 1,2t_{d,fi}$$

Návrh na účinky požáru:  $N_{Ed,fi} = \eta_{fi} \cdot N_{Ed}$

$$N_{Ed,fi} = 0,6 \cdot 499,67 = \mathbf{299,8 \text{ kNm}}$$

Hloubka zuhelnatění:  $d_{char,n} = \beta_n \cdot t$

Rozměry sloupu:  $b_{fi} = b - 2 \cdot d_{char,n}$

$$h_{fi} = h - 2d_{char,n}$$

Průřezový modul:  $I_{y,fi} = \frac{1}{12} b_{fi} \cdot h_{fi}^3$

Plocha zbytkového průřezu:  $A = b_{fi} \cdot h_{fi}$

$$i_{fi} = \sqrt{\frac{I_{y,fi}}{A}}$$

Návrhová pevnost dřeva při účincích požáru:

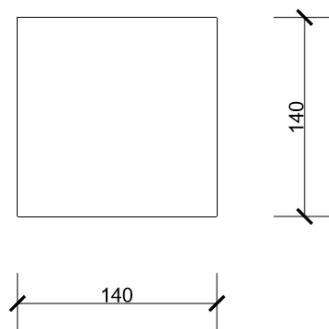
$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} k_{fi} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}}$$

Posouzení:  $\frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{k_c f_{c,0,d,fi}} \leq 1,0$

Minimální hodnota požární únosnosti sloupu z lepeného lamelového dřeva byla zjištěna na 80 minut. Sloup tedy nemusí být chráněn sádkartonovými deskami.

## 7.6 Ztužení

Ztužení je provedeno pomocí ztužidla rozměru 140 x 140 mm. Je zhotoveno z rostlého dřeva C24. Konstrukci je umístěno 20 ztužidel. V každém poschodí 4. K tomu ke ztužení přispívá také betonové jádro, ke kterému jsou sloupy přichyceny.



Obr. 7.19 Rozměr ztužidla

### 7.6.1 Vstupní hodnoty

Materiál:	roslé dřevo	C24
Zatížení:		krátkodobé
Třída provozu:		1
Modul pružnosti:	$E_{0,mean}$	11 000 MPa
	$E_{0,05}$	7 400 MPa
Charakteristická hustota:	$\rho_k$	350 kgm <sup>-3</sup>
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_M$	1,3
Modifikační součinitel:	$k_{mod}$	0,9
Součinitel dotvarování	$k_{def}$	0,6

Charakteristická pevnost materiálu:

Tlak rovnoběžně s vlákny:	$f_{c,0,k}$	21,00 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny:	$f_{t,0,k}$	14,00 MPa

Návrhová pevnost materiálu:  $f_{x,d} = \frac{f_{x,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}$

Tlak rovnoběžně s vlákny:	$f_{c,0,d}$	14,54 MPa
Tah rovnoběžně s vlákny:	$f_{t,0,d}$	9,69 MPa

Ztužidlo

Výška:  $h$  0,14 m

Šířka:  $b$  0,14 m

Vzpěrná délka  $l_{cr}$  3,91 m

Součinitel přímosti:  $\beta_c$  0,2

Plocha:  $A = b \cdot h$

$$A = 0,14 \cdot 0,14 = \mathbf{1,96 \cdot 10^{-2} m^2}$$

Moment setrvačnosti:  $I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$

$$I = \frac{1}{12} \cdot 0,14 \cdot 0,14^3 = \mathbf{3,2 \cdot 10^{-5} m^4}$$

Poloměr setrvačnosti:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$i = \sqrt{\frac{3,2 \cdot 10^{-5}}{1,96 \cdot 10^{-2}}} = \mathbf{0,04 m}$$

Štíhlostní poměr:

$$\lambda = \frac{l_{cr}}{i}$$

$$\lambda = \frac{3,91}{0,04} = \mathbf{96,63}$$

Poměrný štíhlostní poměr:

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$\lambda_{rel} = \frac{96,63}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21}{7400}} = \mathbf{1,64}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

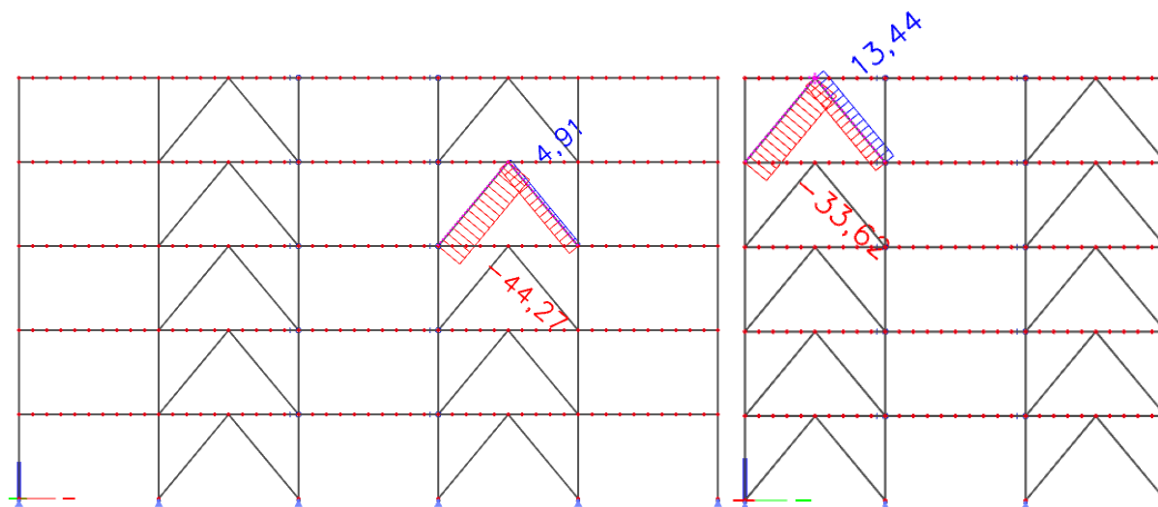
$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,64 - 0,3) + 1,64^2] = \mathbf{1,98}$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$$k_c = \frac{1}{1,98 + \sqrt{1,98^2 - 1,64^2}} = \mathbf{0,32}$$

### 7.6.2 Vnitřní síly

Na následujícím obrázku lze vidět maximální hodnotu normálových sil působících na ztužení. Maximální tlaková síla vzniká na ztužovacím prvku Z403 a tlaková na Z501.



Obr.7.20 Maximální tlaková a maximální tahová normálová síla

Maximální tahová síla:  $N_{\max,t}$  13,44 kN

Maximální tlaková síla:  $N_{\max,c}$  -44,27 kN

### 7.6.3 Posouzení napětí v mezním stavu únosnosti

Napětí:  $\sigma = \frac{N_{\max}}{A}$

$$f_{c,0,d} = f_{c,0,d} \cdot k_c$$

Tab.38 Posouzení napětí v mezním stavu únosnosti

Napětí	Vypočtená hodnota	Návrhová pevnost	Posouzení
	[MPa]	[MPa]	$\sigma_d \leq f_d$
Napětí v tlaku	0,69	4,72	Vyhovuje
Napětí v tahu	2,98	9,69	Vyhovuje

#### 7.6.4 Spoj průvlaku s koncem ztužidla

Maximální síly ve ztužidle:  $R_{tah}$  13,44 kN

$R_{tlak}$  -44,27 kN

Úhel odklonu  $\alpha$  50,2°

Přepočet síly na sílu vodorovnou:  $R = (R_{tah} + R_{tlak}) \cdot \cos \alpha$

$$R = (13,44 + 44,27) \cdot \cos 50,2 = \mathbf{36,94 \text{ kN}}$$

Materiál: Lepené lamelové dřevo G32h

Zatížení: Krátkodobé

Třída provozu: 1

Součinitel spolehlivosti:  $\gamma_M$  1,25

Modifikační součinitel:  $k_{mod}$  0,90

Úhel zatížení vzhledem k vláknům:  $\alpha$  0°

Mez kluzu ocelového plechu:  $f_y$  355MPa

Tloušťka plechu:  $t_2$  8 mm

Hustota dřeva:  $\rho_k$  440 kgm<sup>-3</sup>

Tloušťka dřeva:  $t_1$  132 mm

Pevnost vrutu:  $f_{u,k}$  400MPa

Průměr vrutu:  $d$  8 mm

Efektivní průměr vrutu:  $d_{ef}$  8,8 mm

Rozteče vrutu:  $a_1$  50 mm



Počet řad:  $n_l$  5

Počet vrutů v řadě:  $n$  4

Účinný počet vrutů v řadě:

$$n_{ef} = \min \left\{ n, n^{0,9^4 \sqrt{\frac{a_1}{13d}}} \right\}$$
$$n_{ef} = \min \left\{ 5, 5^{0,9^4 \sqrt{\frac{50}{13 \cdot 8}}} \right\} = 3,54$$

Tenká deska:  $t_p \leq 0,5d$

$$8 \leq 0,5 \cdot 10 \rightarrow 8 \leq 5 \quad \text{Nevyhovuje}$$

TLustá deska:  $t_p \geq d$

$$8 \geq 10 \quad \text{Nevyhovuje}$$

Nejedná se o tenkou ani o tlustou desku. Norma umožňuje interpolovat mezi limitními hodnotami pro tenkou a tlustou desku.

Plastický moment únosnosti:  $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6}$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 400 \cdot 8,8^{2,6} = 34\,263 \text{ Nmm}$$

Pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d_{ef}) \cdot \rho_k$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 8,80) \cdot 440 =$$

**32,91 MPa**

Tenká deska:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,4 f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d}{1,15 \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d}} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{13\,899,10}{4\,884,35} \right\} = 4\,884,35 \text{ N}$$

Tlustá deska:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot t_1^2 d}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 40\,754 \\ 53\,601 \\ 34\,748 \end{array} \right\} = 34\,748\,N$$

Charakteristická únosnost spoje:  $F_{v,Rk} = \min\{F_{v,Rk}\}$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 4\,884 \\ 34\,748 \end{array} \right\} = 4\,884\,N$$

Návrhová únosnost spoje:

$$F_{v,Rd} = 4 \cdot n_{ef} \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

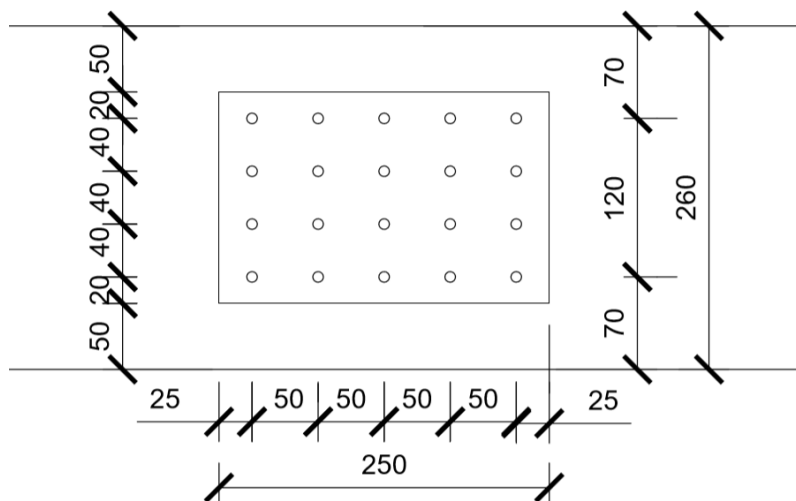
$$F_{v,Rd} = 4 \cdot 3,54 \cdot \frac{0,9 \cdot 4\,884}{1,25} = 49\,793\,N$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{R}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

Tab.39 Podmínka spolehlivosti

Podmínka spolehlivosti	Síla ve ztužení	Posudek
Posouvající síla	36,94	
$\frac{R}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$	0,74	Vyhovuje

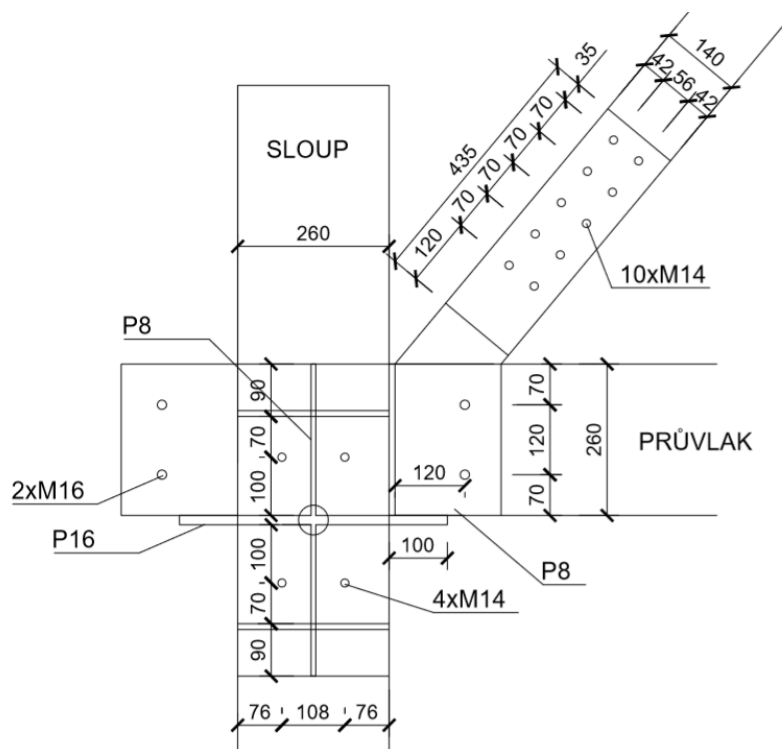


Obr.7.21 Vzdálenosti a roztečen spojovacího prvku

Tab.40 Posouzení minimálních roztečí a vzdáleností spojovacích prvků

Rozteče nebo vzdálenosti	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti	Použité rozteče nebo vzdálenosti	Posouzení
	$\alpha$	[mm]	[mm]	
Rozteč $a_1$	0°	40	50	Vyhovuje
Rozteč $a_2$	0°	32	40	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{4,t}$	180°	24	30	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{4,c}$	180°	24	30	Vyhovuje

## 7.7 Spoj sloupu a průvlaku



*Obr.7.22 Spoj na ocelovou botku*

### 7.7.1 Posouzení ocelové desky

Třída oceli:		S355
Mez kluzu:	$f_y$	355 MPa
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_M$	1,00
Tloušťka ocelové desky:	$t$	16 mm
Šířka ocelové desky:	$l$	260 mm
Vyložení ocelové desky:	$e$	100 mm
Reakce z průvltaku:	$V$	30,79 kN
Moment uložení:	$M = e \cdot V$	
	$M = 0,1 \cdot 30,79 = \mathbf{3,08\ kNm}$	
Modul průřezu:	$W_y = \frac{1}{6} \cdot l \cdot t^2$	

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot 0,26 \cdot 0,016^2 = 1,11 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^3$$

Moment únosnosti:

$$M_{Rd} = \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_M}$$

$$M_{Rd} = \frac{1,11 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,0} = 3,94 \text{ kNm}$$

Tab.41 Posouzení momentu stropní konstrukce

Podmínka spolehlivosti	Stropní konstrukce	Posudek
Moment	3,08	
$\frac{M}{M_{Rd}} \leq 1,0$	0,78	Vyhovuje

### 7.7.2 Posouzení svorníků v průvlaku

Jedná se o dvojstřížný spoj oceli a dřeva. Spojovacím prostředkem jsou svorníky.

Materiál:	Lepené lamelové dřevo	G32h
	Ocelový plech	S275
Pevnostní třída svorníku:		3.6
Zatížení stropu:		Střednědobé
Třída provozu:		1
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_M$	1,25
Modifikační součinitel:	$k_{mod}$	0,80
Úhel zatížení vzhledem k vláknům:	$\alpha$	90°
Mez kluzu ocelového plechu:	$f_y$	275MPa
Tloušťka plechu:	$t_2$	8 mm
Hustota dřeva:	$\rho_k$	440 kgm <sup>-3</sup>
Tloušťka dřeva stropní kce:	$t_1$	76 mm
Velikost otvoru v plechu:	$d_0$	18 mm
Pevnost svorníku:	$f_{u,k}$	300 MPa

Průměr svorníku:	d	16 mm
Počet svorníků v řadě:	n	3

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 300 \cdot 16^{2,6} = \mathbf{121\,605\,Nmm}$$

Pevnost v otlacení rovnoběžně s vlákny:

$$f_{h,0,k} = 0,082 - (1 - 0,01d) \cdot \rho_k$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 - (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 440 =$$

**30,31 MPa**

Charakteristická únosnost jednoho střihu jednoho spojovacího prostředku:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot t_1^2 d}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \end{array} \right\}$$

Stropní konstrukce:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 36\,854 \\ 17\,481 \\ 17\,662 \end{array} \right\} = 17\,481\,N$$

Návrhová únosnost spoje:

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot n \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

Stropní konstrukce:

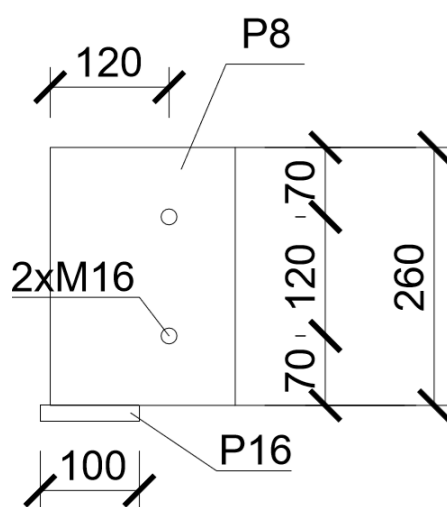
$$F_{v,Rd} = 2 \cdot 2 \cdot \frac{0,8 \cdot 17\,481}{1,25} = 44\,751\,N$$

Tab.42 Posouzení síly ve spoji

Podmínka spolehlivosti	Stropní konstrukce	Posudek
Posouvající síla	30,79	
$\frac{F}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$	0,69	Vyhovuje

Tab.43 Minimální rozteče a vzdálenosti svorníkových spojů

Rozteče nebo vzdálenosti	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti
	$\alpha$	
Rozteč $a_2$ (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4d$
Vzdálenost $a_{3,t}$ (zatížený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$Max(7d; 80)$
Vzdálenost $a_{4,t}$ (zatížený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$Max[(2+2\sin\alpha)d; 3d]$
Vzdálenost $a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$



Obr.7.23 Spoj sloupu s průvlakem

Tab.42 Posouzení navrhnutých roztečí a vzdáleností svorníkových spojů

Rozteče nebo vzdálenosti	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti	Použité rozteče nebo vzdálenosti	Posouzení
	$\alpha$	[mm]	[mm]	
Rozteč $a_2$	$0^\circ$	64	120	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{3,t}$	$0^\circ$	112	120	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{4,t}$	$180^\circ$	48	70	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{4,c}$	$180^\circ$	48	70	Vyhovuje

### 7.7.3 Posouzení svorníků ve ztužidlu

Materiál:	Rostlé dřevo	C24
Pevnostní třída svorníku:		3.6
Zatížení:		Krátkodobé
Třída provozu:		1
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_M$	1,30
Modifikační součinitel:	$k_{mod}$	0,90
Úhel zatížení vzhledem k vláknům:	$\alpha$	0°
Mez kluzu ocelového plechu:	$f_y$	275 MPa
Tloušťka plechu:	$t_2$	8 mm
Hustota dřeva:	$\rho_k$	350 kgm <sup>-3</sup>
Pevnost hřebíků:	$f_{u,k}$	300 MPa
Průměr svorníku:	$d$	14 mm
Rozteče hřebíků:	$a_1$	20 mm
Vnik hřebíku do dřeva:	$t_1$	57 mm

Pro určení efektivního počtu hřebíků je možné použít interpolaci mezi normou zadanými hodnotami.

Počet řad:	$n_t$	2
Počet hřebíků v řadě:	$n$	5
Rozteč ve směru vláken:	$a_1$	70 mm

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9 \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}}} \right. \\ \left. n \right\}$$

$$n_{ef} = \min \left\{ 5^{0,9 \cdot \sqrt[4]{\frac{70}{13 \cdot 14}}} \right. \\ \left. 5 \right\} = 3,35$$

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 300 \cdot 14^{2,6} = \mathbf{121\,605,85 Nmm}$$



Pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny:

$$f_{h,0,k} = 0,082 - (1 - 0,01d) \cdot \rho_k$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 - (1 - 0,01 \cdot 14) \cdot 440 =$$

**24,68 MPa**

Charakteristická únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot t_1^2 d}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 22\,806 \\ 11\,955 \\ 14\,909 \end{array} \right\} = 11\,955 N$$

Návrhová únosnost spoje:

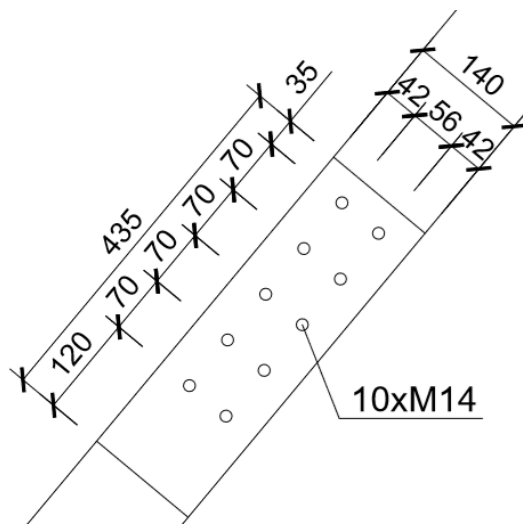
$$F_{v,Rd} = 2 \cdot n_{ef} \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot 2,19 \cdot \frac{0,9 \cdot 11954,80}{1,3} = 55\,488 N$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{N}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

Podmínka spolehlivosti	Stropní konstrukce	Posudek
Normálová síla	44,27	
$\frac{N}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$	0,80	Vyhovuje



Obr.7.23 Spoj ztužení s ocelovou botku

Tab.44 Posouzení minimální roztečí a vzdáleností spoje

Rozteče nebo vzdálenosti	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti	Použité rozteče nebo vzdálenosti	Posouzení
	$\alpha$	[mm]	[mm]	
Rozteč $a_1$	0°	70	70	Vyhovuje
Rozteč $a_2$	0°	56	56	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{3,t}$	0°	98	100	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{4,t}$	180°	42	42	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{4,c}$	180°	42	42	Vyhovuje

## 7.8 Základová patka

Pro objekt bylo zvoleno založení konstrukce na základových patkách. Jedná se o úspornější variantu. Podle geologické mapy [23] je v místě výstavby budovy písčito-hlinitá až hlinito-písčitá půda. Základy byly posouzeny podle normy ČSN 73 1001[35]

### 7.8.1 Zatížení vstupující do základů

Maximální síla:  $N_{\max}$  499,67 kN

Maximální posouvající síla:  $V_{\max}$  27,45 kN

Rozměry patky: Šířka  $A$  1,40 m

Výška  $B$  1,40 m

Hloubka  $H$  1,00 m

Objemová hmotnost betonu:  $\gamma_{\text{beton}}$  25 kNm<sup>-3</sup>

Součinitel bezpečnosti:  $\gamma_G$  1,35

Vlastní tíha patky:  $N = A \cdot B \cdot H \cdot \gamma_{\text{beton}} \cdot \gamma_G$

$$N = 1,40 \cdot 1,40 \cdot 1,00 \cdot 25 \cdot 1,35 = 66,15 \text{ kN}$$

Excentricita zatížení:  $e = \frac{V \cdot H}{N + N_{\max}}$

$$e = \frac{25,34 \cdot 1,00}{66,15 + 490,67} = 0,045 \text{ m}$$

Efektivní plocha patky:  $A_{ef} = (B - 2 \cdot e) \cdot A$

$$A_{ef} = (1,40 - 2 \cdot 0,045) \cdot 1,40 = 1,83 \text{ m}^2$$

Výsledné napětí:  $\sigma = \frac{N + N_{\max}}{A_{ef}}$

$$\sigma = \frac{66,15 + 499,97}{1,83} = 309,36 \text{ kPa}$$

### 7.8.2 Vlastnosti zeminy

Soudržnost zeminy:	$c_{ef}$	12 kPa
Objemová tíha zeminy:	$\gamma_z$	18,00 kNm <sup>-3</sup>
Úhel vnitřního tření:	$\varphi$	26,5°
Součinitel spolehlivosti soudržnosti: $\gamma_\varphi$		1,78
Souč. spolehlivosti úhlu vn. tření: $\gamma_c$		2,00

Součinitele únosnosti:

$$N_d = \tan^2\left(45 + \frac{\varphi}{2 \cdot \gamma_\varphi}\right) \cdot e^{\pi \cdot \tan \frac{\varphi}{\gamma_\varphi}}$$

$$N_d = \tan^2\left(45 + \frac{26,5}{2 \cdot 1,78}\right) \cdot e^{\pi \cdot \tan \frac{26,5}{1,78}} = 8,23$$

$$N_c = (N_d - 1) \cdot \frac{1}{\tan \frac{\varphi}{\gamma_\varphi}}$$

$$N_c = (8,23 - 1) \cdot \frac{1}{\tan \frac{26,5}{1,78}} = 17,45$$

$$N_b = 1,5 \cdot (N_d - 1)$$

$$N_b = 1,5 \cdot (8,23 - 1) = 4,49$$

Součinitele tvaru základu:

$$s_d = 1 + \frac{B}{A} \cdot \sin \frac{\varphi}{\gamma_\varphi}$$

$$s_d = 1 + \frac{1,40}{1,40} \cdot \sin \frac{26,5}{1,78} = 1,38$$

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{B}{A}$$

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{1,40}{1,40} = 1,2$$

$$s_b = 1 - 0,3 \cdot \frac{B}{A}$$

$$s_b = 1 - 0,3 \cdot \frac{1,40}{1,40} = 0,7$$

Součinitel hloubky založení:

$$d_d = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{H}{B} \cdot \sin 2 \frac{\varphi}{\gamma_\varphi}}$$

$$d_d = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{1,00}{1,40} \cdot \sin 2 \frac{26,5}{1,78}} = 1,07$$

$$d_c = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{H}{B}}$$

$$d_c = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{1,00}{1,40}} = 1,08$$

$$d_b = 1,00$$

Součinitel šikmosti zatížení:

$$i_d = 1,00$$

$$i_c = 1,00$$

$$i_b = 1,00$$

### 7.8.3 Posouzení únosnosti základové půdy

Únosnost základové půdy:

$$R_d = \gamma \cdot H \cdot N_d \cdot s_d \cdot d_d \cdot i_d + N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot \frac{c}{\gamma_c} + \gamma \cdot \frac{B}{2} \cdot N_b \cdot s_b \cdot d_b \cdot i_d$$

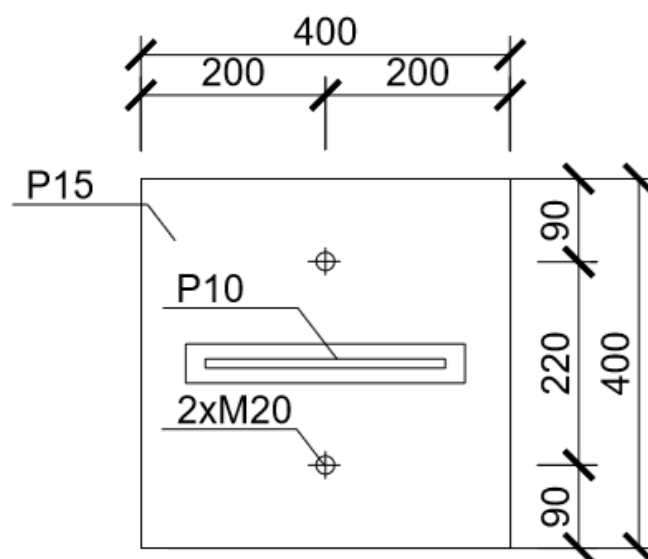
$$R_d = 18 \cdot 1,0 \cdot 8,23 \cdot 1,38 \cdot 1,07 \cdot 1,0 + 17,45 \cdot 1,2 \cdot 1,08 \cdot 1,0 \cdot \frac{12}{2} + 18,0 \cdot \frac{1,4}{2} \cdot 4,49 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0$$

$$R_d = 396,05 \text{ kPa}$$

Tab. 45 Posouzení únosnosti základové patky

Podmínka spolehlivosti	Hodnota	Posudek
$\frac{\sigma}{R_d} \leq 1,0$	0,78	Vyhovuje

### 7.8.4 Patní plech a kotevní šrouby



Obr.7.24 Patní plech s kotevními šrouby

Normálová síla:	N	499,67 kN
Rozměry sloupu	$a_s$	260 mm
	$b_s$	260 mm
Rozměry základové patky:	A	1,4 m
	B	1,4 m
	H	1,0 m
Rozměr patního plechu:	a	400 mm
	b	400 mm
	$t_p$	15 mm
	$f_y$	235 MPa
Mez kluzu plechu:	$\gamma_M$	1,0
Součinitel bezpečnosti oceli:	$h_p$	15 mm
Výška podlití:	$\beta$	0,67
Součinitel vlivu podlití:		
Třída betonu	C25/30	

Charakteristická pevnost v tlaku:  $f_{ck}$  25 MPa

Součinitel bezpečnosti betonu:  $\gamma_c$  1,5

Návrhová pevnost betonu v tlaku:  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$

$$f_{cd} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

Rozměry patky:

$$a_1 = \min \left\{ \begin{array}{c} A \\ 5a \\ a + H \\ 5b \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{c} 1400 \\ 2000 \\ 1400 \\ 2000 \end{array} \right\} = 1400 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min \left\{ \begin{array}{c} B \\ 5b \\ b + H \\ 5a \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{c} 1400 \\ 2000 \\ 1400 \\ 2000 \end{array} \right\} = 1400 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace:

$$k = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1400 \cdot 1400}{400 \cdot 400}} = 3,5$$

Návrhová pevnost betonu ve spáře:  $f_{jd} = \beta \cdot k \cdot f_{cd}$

$$f_{jd} = 0,67 \cdot 3,5 \cdot 16,67 = 39,09 \text{ MPa}$$

Efektivní plocha patního plechu:

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}}$$

$$c = 15 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 39,09 \cdot 1,0}} = 21,24 \text{ mm}$$

$$A_{ef} = (a_s + 2c) \cdot (8 + 2c)$$

$$A_{ef} = (260 + 2 \cdot 21,24) \cdot (8 + 2 \cdot 21,24) = 15\,269 \text{ mm}^2$$

Podmínka spolehlivosti:

$$A_{ef} \geq \frac{N}{f_{jd}}$$

$$15\,269 \geq \frac{499,67}{39,09} \rightarrow 15\,269 \text{ mm}^2 \geq 12,78 \text{ mm}^2$$

**Vyhovuje**

Kotevní šrouby zajišťují konstrukci proti posunutí, na základovou patku totiž nepůsobí žádná tahová síla.

Kotevní šrouby:	M20		
Počet šroubů:	2		
Pevnost šroubu	$f_y$	235	MPa
Součinitel bezpečnosti oceli:	$\gamma_{M0}$	1,00	

Únosnost šroubu:

$$F_{r,Rd} = \frac{2 \cdot 0,8 \cdot A_s \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$F_{r,Rd} = \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 245 \cdot 235}{1,0} = 92,12 \text{ kN}$$

Maximální posouvající síla:	$V_{\max}$	27,45	kN
Součinitel tření:	$\mu$	0,2	
Podmínka spolehlivosti:	$\mu \cdot N_{tlak} \geq V_{\max}$		
	$0,2 \cdot 499,67 \geq 27,45 \rightarrow 99,93 \text{ kN} \geq 27,45 \text{ kN}$		

### 7.8.5 Spoj sloupu s patkou

Zatížení:	Krátkodobé		
Třída provozu:	1		
Materiál:	lepené lamelové dřevo	G32h	
	Ocelový plech	S235	
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_M$	1,25	
Modifikační součinitel:	$k_{\text{mod}}$	0,9	
Pevnostní třída svorníků:	4.6		
Pevnost svorníku:	$f_{u,k}$	400	MPa
Průměr svorníku:	d	12	mm



Mez kluzu:	$f_y$	235 MPa
Tloušťka ocelové desky:	$t_2$	10 mm
Tloušťka dřeva:	$t_1$	125 mm
Hustota dřeva:	$\rho$	440 kgm <sup>-3</sup>
Počet svorníků v řadě:	3	
Počet řad:	4	
Rozteč ve směru vláken:	$a_1$	70 mm

Efektivní počet svorníků v jedné řadě:

$$n_{ef} = \min \left\{ \frac{n^{0,94} \sqrt{\frac{a_1}{13d}}}{n} \right\} = \min \left\{ \frac{3^{0,94} \sqrt{\frac{70}{13 \cdot 12}}}{3} \right\} = 2,20$$

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 400 \cdot 12^{2,6} = 76\,745 \text{ Nmm}$$

Pevnost v otlacení rovnoběžně s vlákny:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01d) \cdot \rho_k$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 440 = 31,75 \text{ MPa}$$

Deska libovolné tloušťky:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot t_1^2 d}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}}{2,3 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}}, \frac{f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d}{f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d} \right\}$$

Charakteristická únosnost spoje:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{47\,626}{20\,375}, \frac{47\,626}{10\,771} \right\} = 10\,771 \text{ N}$$

Návrhová únosnost spoje:

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot 4 \cdot n_{ef} \cdot \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

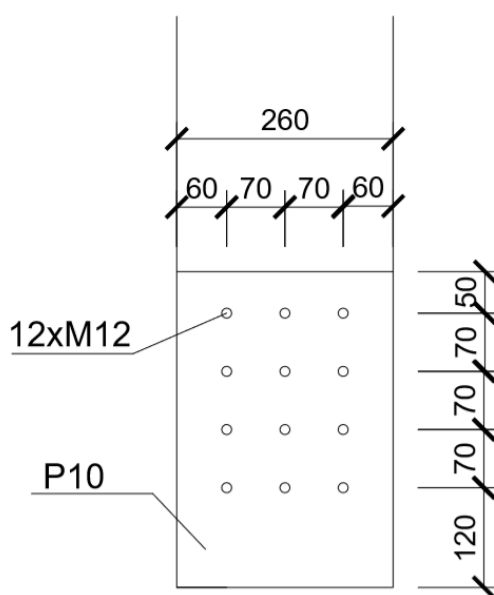
$$F_{v,Rd} = 2 \cdot 4 \cdot 2,20 \cdot \frac{0,9 \cdot 10\,771}{1,25} = 136\,490 \text{ N}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{R}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

Tab.46 Minimální rozteče a vzdálenosti svorníkových spojů

Rozteče nebo vzdálenosti	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti
	$\alpha$	
Rozteč $a_1$	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 +  \cos \alpha )d$
Rozteč $a_2$ (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4d$
Vzdálenost $a_{3,t}$ (zatížený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\text{Max}(7d; 80)$
Vzdálenost $a_{4,t}$ (zatížený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\text{Max}[(2 + 2\sin \alpha)d; 3d]$
Vzdálenost $a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$



Obr.7.25 Vzdálenosti a rozteče spojovacích prostředků

Tab.47 Posouzení navrhnutých roztečí a vzdáleností svorníkových spojů

Rozteče nebo vzdálenosti	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti	Použité rozteče nebo vzdálenosti	Posouzení
	$\alpha$	[mm]	[mm]	
Rozteč $a_1$	0°	60	70	Vyhovuje
Rozteč $a_2$	0°	48	70	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{3,t}$	0°	84	120	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{4,t}$	180°	36	60	Vyhovuje
Vzdálenost $a_{4,c}$	180°	36	60	Vyhovuje

## **8. POSTUP MONTÁŽE**

### **8.1 Zemní práce**

Před zahájením výstavby hlavní nosné konstrukce je třeba upravit prostor, ve kterém se bude dřevostavba nacházet, to znamená odstranění zeminy do hloubky asi 20 cm a výkop základových patek. Vykopaná skrývka je vhodně uložena nebo odvezena ze staveniště.

### **8.2 Zakládání**

Po odstranění zeminy je vytvořeno bednění pro základové patky sloupů a betonové ztužující jádro. Bednění je následně zalito betonem. Základové patky jsou opatřeny patním plechem a kotevními šrouby v předem připraveném rastru. Na zeminu je položena geotextilie, která odděluje námi navezené materiály od původní skladby zeminy. Uložením hutněného štěrkového kameniva vytvoříme základ pro podkladní beton.

### **8.3 Nosná konstrukce**

V prvním kroku výstavby hrubé stavby je vytvořeno ztužující betonové jádro. Dále jsou na stavbu dopraveny sloupy, průvlaky a ztužení předem daných rozměrů již osazenými spojovacími plechy. Při montáži prvního nadzemního patra jsou sloupy uchyceny k patním plechům. Sloupy umístěné u betonového jádra jsou zajištěny proti vybočení přichycením k již zmíněnému betonovému jádru vhodnými spojovacími prostředky v horní úrovni sloupu.

Ještě před osazením na sloupy jsou na průvlaky přibity v předem určených osových vzdálenostech třmeny pro uchycení stropnic na průvlaky. Orientace stropnic se v každém poli mění. Průvlaky jsou poté umístěny na sloupy. V poslední fázi výstavby hlavní nosné konstrukce jsou mezi průvlaky a sloupy upevněna vhodnými spojovacími prostředky ztužidla. Je zapotřebí brát zřetel na situování těchto ztužidel a tím předejít možnému porušení konstrukce.

Na průvlaky jsou do třmenů uloženy stropnice a zajištěny pro posunutí vhodnými spojovacími prostředky. Tím je vytvořena hlavní nosná kostra prvního nadzemního podlaží. Na stropnice je položen a připevněn záklop z OSB desky. OSB deska pomáhá roznášet zatížení do stropnic.

Celý postup výstavby se opakuje, jen s tím rozdílem, že sloupy v následujících podlažích jsou umísťovány na spojovací botku.

## **8.4 Dělicí prvky**

Obvodová stěna je tvořena ze dvou částí. První část je ze systému Steicowall, který je předvyroben s předem určenými otvory a na stavbu dovezen v rozměrech 3 x 5 m – to znamená v rozměrech jednoho podlaží na vzdálenost nosných sloupů. Druhou část tvoří dvouplášťová konstrukce z nosníků z prostého dřeva. Toto složení se nachází v místech, kde je konstrukce vyztužena ztužidly. Sloupky obvodové stěny jsou připojeny na nosný sloup. V tloušťce ztužení je vložena izolace.

Současně s instalací obvodových stěn je vytvářena střešní konstrukce a po dokončení také stropní konstrukce. Na OSB desku je uložena tepelná izolace, hydroizolace, geotextílie a nakonec vrstva šterku. U stropní konstrukce je to izolace a podlahová sádrovláknitá deska.

## **8.5 Dokončovací práce**

V poslední fázi výstavby je konstrukce opatřena vnější izolací a omítkou. Jsou instalovány mezibytové příčky a podhledy a izolace stropních a střešních konstrukcí. Na vnitřní stranu obvodové stěny jsou umístěny sloupky a na nich připevněná izolační předstěna. Po ukončení těchto prací už zbývá jen položit podlahu.

## 9. ZÁVĚR

V této práci byl navržen pětipodlažní obytný dům z materiálů na bázi dřeva. Jako nosný systém byl zvolen těžký skeletový systém, který je výhodný svou velkou prostorovou variabilitou. Navržený nosný systém vyhovuje požadavkům na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Musel vyhovět také zatížení účinkem požáru. Tu zajistily sádkartonové desky. Dělicí konstrukce musely vyhovět požadavkům na tepelnou prostupnost.

Na montáž hlavní nosné konstrukce bylo použito lepené lamelové dřevo třídy G32h o rozměrech 260 x 260 mm, 200 x 260 mm a 200 x 280 mm. Tyto rozměry byly použity na konstrukci sloupů a průvlaků. Dalším použitým materiálem bylo rostlé dřevo C24 rozměru 140 x 140 mm, pro ztužující prvky a rozměru 60 x 240 pro konstrukci stropnic. Na konstrukci hlavního nosného systému bylo tedy použito 71,86 m<sup>3</sup> lepeného lamelového dřeva a 50 m<sup>3</sup> rostlého dřeva.

Pro větší tuhost konstrukce bylo použito ztužujícího jádra, ve kterém se nachází schodiště a výtahová šachta. K němu byly sloupy připevněny a tím zabezpečeny proti vodorovnému posunutí.

Pro výpočet zatížení konstrukce byl vytvořen prostorový model obytného domu v programu Scia Engineer. Model byl zatížen vlastní tíhou nosných prvků, stálým zatížením způsobeným spojovacími prostředky, obvodovými stěnami, stropními a střešními konstrukcemi, užitným zatížením od užívání stavby a přemístitelných přiček, zatížením větrem a sněhem.

Stropní a střešní konstrukce byly vytvořeny jako nosník spřažený se záklopem z OSB desky. Pro přenesení zatížení bylo využito ocelových plechů. Jako spojovací prostředky pak působily hřebíky, vruty a svorníky. Sloupy byly uloženy pomocí ocelových plechů na betonové patky.

## POUŽITÁ LITERATURA

### Normy:

ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Funkční požadavky*

ČSN 73 0802: *Požární bezpečnost staveb. Nevýrobní objekty.*

ČSN 73 1001: *Základová půda pod plošnými základy*

[31] ČSN EN 1990 – *Zásady navrhování konstrukcí.*

ČSN EN 1991-1-1: *Zatížení stavebních konstrukcí, část 1-1: Obecná zatížení*

ČSN EN 1991-1-2: *Zatížení stavebních konstrukcí, část 1-2: Obecná zatížení- Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru*

ČSN EN 1991-1-3: *Zatížení stavebních konstrukcí, část 1-3: Obecná zatížení: Zatížení sněhem*

ČSN EN 1991-1-4: *Zatížení stavebních konstrukcí, část 1-4: Obecná zatížení: Zatížení větrem*

ČSN EN 1992-1: *Navrhování betonových konstrukcí, část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby*

ČSN EN 1993-1-1: *Navrhování ocelových konstrukcí, část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby.*

ČSN EN 1995-1-1: *Navrhování dřevěných konstrukcí, část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*

ČSN EN 1995-1-2: *Navrhování dřevěných konstrukcí, část 1-2: Navrhování konstrukcí na účinky požáru.*

### Knihy

[7] BÍLEK, Vladimír. *Dřevostavby: navrhování dřevěných vícepodlažních budov.* Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-010-3159-4.

[10] BLASS, H. J. a kol. *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. STEP 1: navrhování a konstrukční materiály.* 1. vyd. Zlín: KODR Zlín, 1998, nestr. ISBN 80-238-2620-4.

- [11] BLASS, H. J. a kol. *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5. STEP 2: navrhování detailů a nosných konstrukcí*. Vyd. 1. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004, 401 s. ISBN 80867-6913-5.
- [2] KOLB, Josef. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. Přeložil Bohumil KOŽELOUH. Praha: GradaPublishing, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7
- [1] LOKAJ, Antonín, Josef GOCÁL, Pavol ĎURICA, et al. *Dřevostavby a dřevěné konstrukce*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010. ISBN 978-80-7204-732-1.
- [5] *Současné dřevostavby a nové materiály na bázi dřeva: sborník příspěvků z mezinárodní vědecké konference pořádané při příležitosti oslav 90. výročí založení Lesnické a dřevařské fakulty MZLU v Brně : 25.-26. září 2008, Křtiny*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-213-2.
- [3] VAVERKA, Jiří. *Dřevostavby pro bydlení*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-802-4722-054.
- [4] Dřevo a stavby. *Dřevo a stavby* [online]. Praha 6: PRO VOBIS, 2017 [cit. 2017-15-11]. Dostupné z: <http://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/2524-prave-hrazdene-stavby-jsou-jiz-historii>
- [14] Admd. *Admd* [online]. Brno: pechardesign.cz, 2017 [cit. 2017-15-11]. Dostupné z: <https://www.admd.cz/balloon-frame-platform-frame>
- [15] *Tesař 3: Učebnice pro III. ročník* [online]. Brno: Pavel Krula, 2015 [cit. 2017-25-11]. ISBN 978-80-88105-41-1. Dostupné z: [http://www.el-ucebnice.cz/html/tesar-3/files/4\\_1\\_Ramove\\_skeletove\\_stavby\\_4.html](http://www.el-ucebnice.cz/html/tesar-3/files/4_1_Ramove_skeletove_stavby_4.html)
- [17] Dřevostavitel. *Vícepodlažní dřevostavby za použití sádrovláknitých desek* [online]. Brno: NETION, 2012 [cit. 2017-11]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/vicepodlazni-drevostavby-a-sadrovlaknity-desky>
- [18] TZBinfo. *TZBinfo* [online]. Brno: Topinfo, 2015 [cit. 2017-25-11]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/technologie-staveni-drevostaveb/13197-vicepodlazni-budovy-na-bazi-dreva>
- [22] STEICO. *STEICO* [online]. STEICO SE, 2017 [cit. 2017-25-11]. Dostupné z: <http://www.steico.com/cz>
- [23] Geologické a geovědní mapy. *Geologické a geovědní mapy* [online]. Praha: Pavel Bokr, 2007 [cit. 2017-15-11]. Dostupné z: [www.geologicke-mapy.cz](http://www.geologicke-mapy.cz)



- [24] *Mapy.cz* [online]. Praha: Copyright, 2017 [cit. 2017-10-10]. Dostupné z: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)
- [25] *Rigips* [online]. Praha 8: Divize Rigips, 2017 [cit. 2017-10-10]. Dostupné z: <https://www.rigips.cz>
- [28] *Sněhová mapa* [online]. Praha 4: ČHMÚ, 2017 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <http://www.snehovamapa.cz/>
- [32] *BOVA* [online]. Březnice: EU, 2017 [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <http://bova-nail.cz/produkt/trmen-bvt-11-40/>

## PŘÍLOHY

---

### KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

---

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **Obvodová stěna**  
 Zpracovatel : Adamčíková Petra  
 Zakázka : Diplomová práce  
 Datum : 19.11.2017

## ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednoplášťová  
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.020 W/m<sup>2</sup>K

### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	Fermacell	0,0150	0,3200	1100,0	1150,0	13,0	0.0000
2	Al folie 1	0,0000	204,0000	870,0	2700,0	500000,0	0.0000
3	Egger OSB3	0,0120	0,1300	1700,0	600,0	180,0	0.0000
4	Climastone L	0,1200	0,0420	900,0	65,0	2,0	0.0000
5	Egger OSB3	0,0120	0,1300	1700,0	600,0	180,0	0.0000
6	Steico	0,1200	0,0460	2100,0	226,8	3,3	0.0000
7	Baumit silikát	0,0100	0,7000	920,0	1800,0	40,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Fermacell	---
2	Al folie 1	---
3	Egger OSB3	---
4	Climastone L	---
5	Egger OSB3	---
6	Steico	---
7	Baumit silikátová omítka (SilikatPutz)	---

### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m<sup>2</sup>K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C  
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C  
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %  
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH<sub>i</sub> : 60.0 %

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 5.093 m<sup>2</sup>K/W  
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.190 W/m<sup>2</sup>K**

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>k</sub> : 0.21 / 0.24 / 0.29 / 0.39 W/m<sup>2</sup>K  
 Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce ZpT : 1.6E+0011 m/s  
 Teplotní útlum konstrukce Ny\* podle EN ISO 13786 : 267.0

Fázový posun teplotního kmitu  $\Psi^*$  podle EN ISO 13786 :

12.8 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách  $T_{s,p}$  :

19.33 °C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách  $f_{Rsi,p}$  :

**0.954**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně  $R_{si}=0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

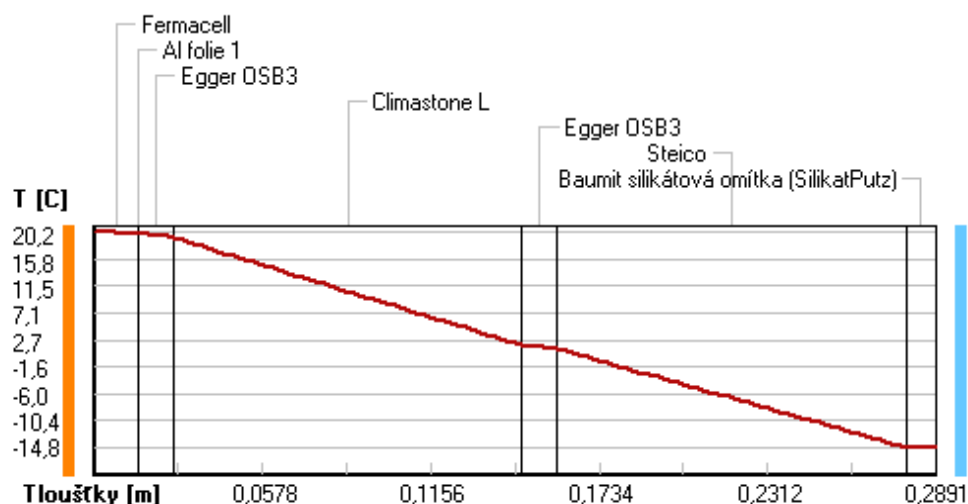
### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

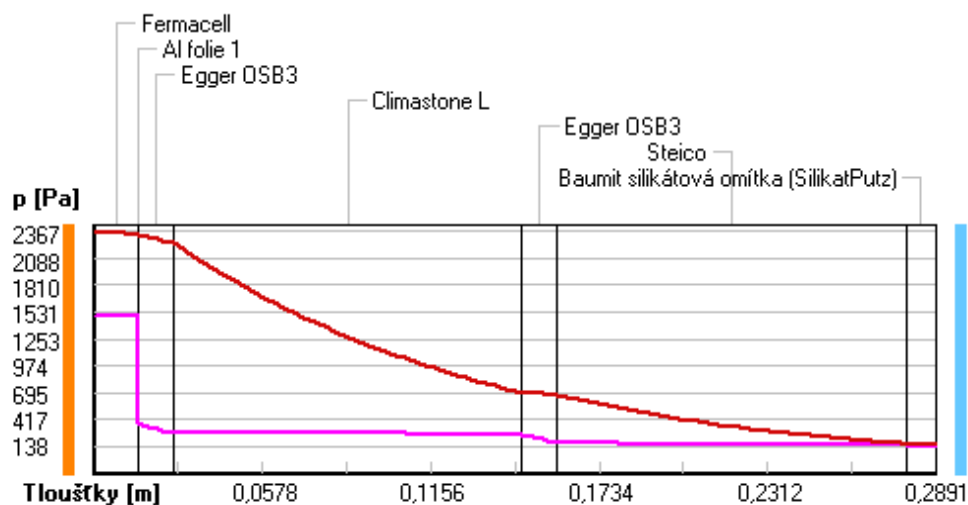
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	e
theta [°C]:	20.2	19.9	19.9	19.4	1.9	1.3	-14.7	-14.8
p [Pa]:	1491	1483	376	280	269	174	156	138
p,sat [Pa]:	2367	2325	2325	2245	698	671	170	169

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

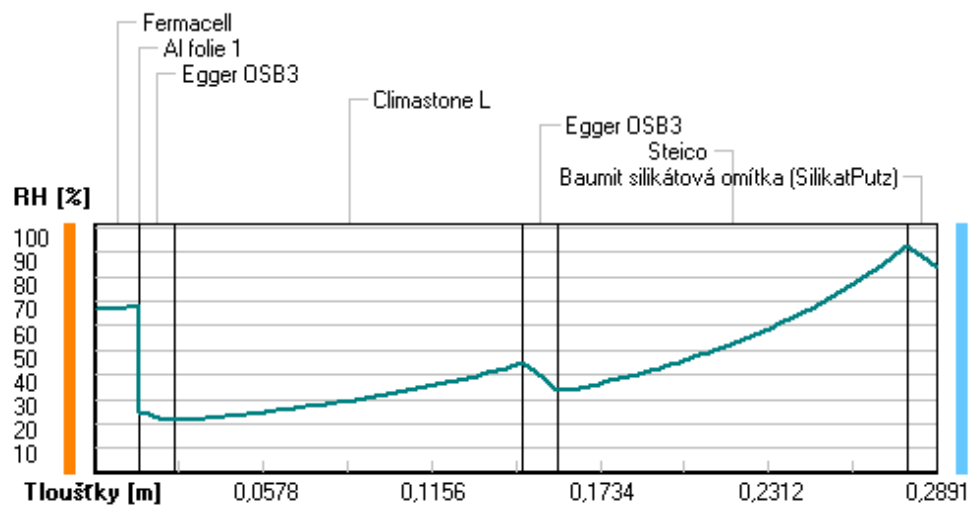
#### Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



#### Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



### Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



**Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.**

Množství difundující vodní páry  $G_d$  : 8.857E-0009 kg/(m<sup>2</sup>.s)

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

## KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

**Teplo 2017 EDU**

Název úlohy : **Podlaha na terénu**  
Zpracovatel : Adamčíková Petra  
Zakázka : Diplomová práce

### ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha na zemině  
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Podlahové lino	0,0080	0,1700	1400,0	1200,0	1000,0	0.0000
2	Potěr cementov	0,0400	1,1600	840,0	2000,0	19,0	0.0000
3	Isover EPS Sok	0,1400	0,0340	1270,0	30,0	70,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Podlahové linoleum	---
2	Potěr cementový	---
3	Isover EPS Sokl	---

Výpočet bude proveden s uvažováním redistribuce vlhkosti.

#### Doplněná skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	Lambda,m [W/(m.K)]	u,23/80 [%]	W,c [kg/m2]	W,m [kg/m2]	Redistribuce
-------	-------	-----------------------	----------------	----------------	----------------	--------------

1	Podlahové lino	---	0.00	0.00	0.00	ne
2	Potěr cementov	---	0.00	0.00	0.00	ne
3	Isover EPS Sok	---	0.00	0.00	0.00	ne

Poznámka: Lambda,m je tepelná vodivost vrstvy při jejím úplném nasycení vlhkostí, u23/80 je charakteristická hmotnostní vlhkost vrstvy, W,c je kritické množství vlhkosti ve vrstvě (hranice pro zahájení transportu kapalné fáze), W,m je max. možné množství vlhkosti ve vrstvě a redistribuce indikuje možnost šíření kapalné fáze ve vrstvě.

### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.17 m2K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.17 m2K/W  
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.00 m2K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.00 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C  
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C  
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %  
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 60.0 %

## **VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :**

### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 4.199 m2K/W  
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.229 W/m2K**

Součinitel prostupu zabudované kceU,kc : 0.25 / 0.28 / 0.33 / 0.43 W/m2K  
 Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difuzní odpor konstrukce ZpT : 9.9E+0010 m/s  
 Teplotní útlum konstrukce Ny\* podle EN ISO 13786 : 41.6  
 Fázový posun teplotního kmitu Psi\* podle EN ISO 13786 : 4.6 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 19.60 C  
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p : **0.961**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně Rsi=0,25 m2K/W.

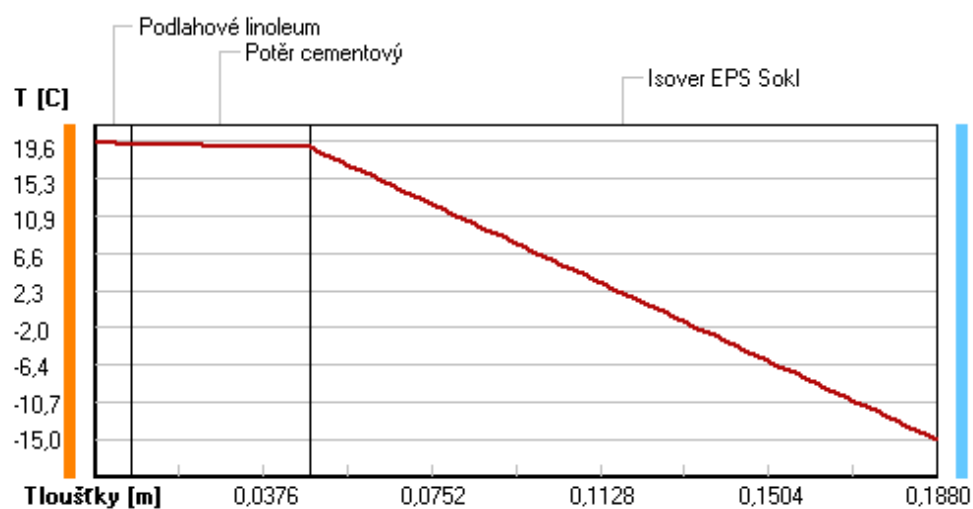
### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

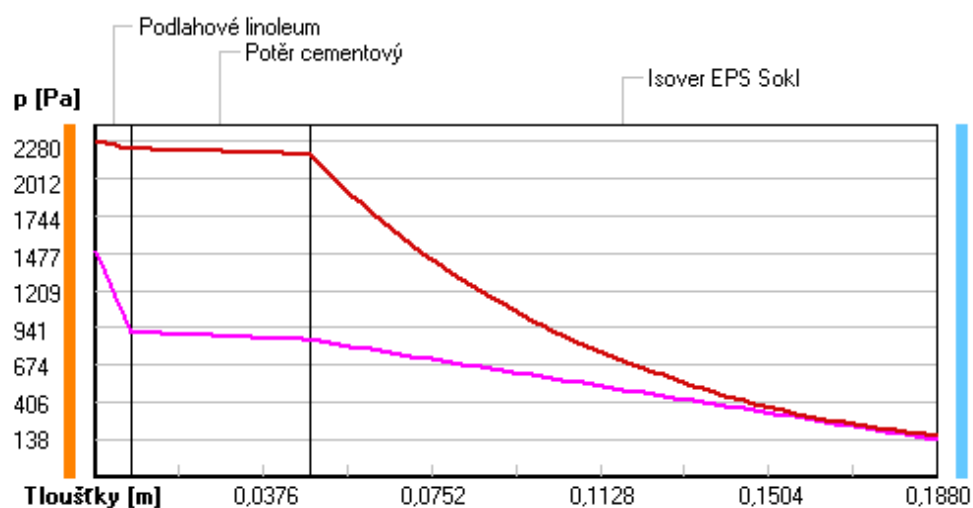
rozhraní:	i	1-2	2-3	e
theta [C]:	19.6	19.2	18.9	-15.0
p [Pa]:	1491	908	853	138
p,sat [Pa]:	2280	2225	2186	165

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

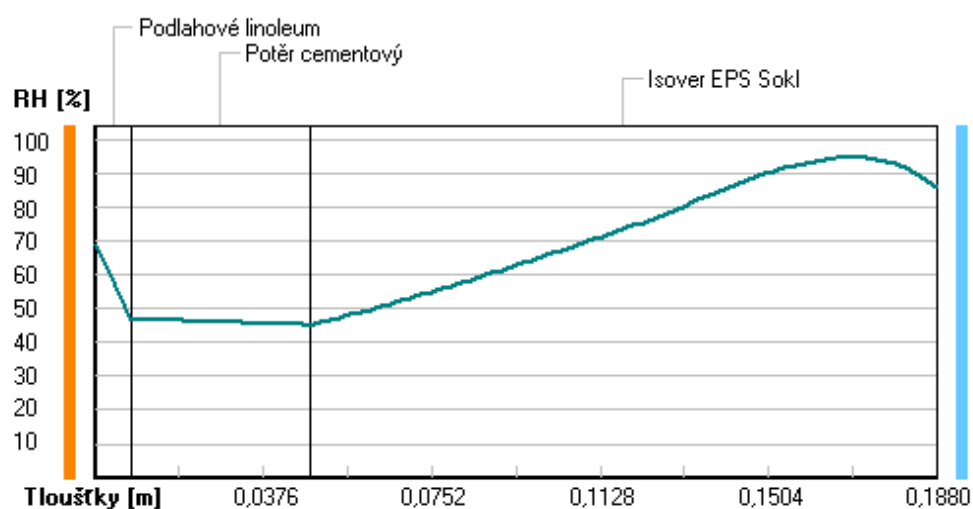
### Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



### Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



### Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



**Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.**

Množství difundující vodní páry  $G_d$  : 1.457E-0008 kg/(m<sup>2</sup>.s)

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

## KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **Předstěna ŽB schodišťové šachty**

Zpracovatel : Adamčíková Petra

Zakázka : Diplomová práce

Datum : 19.11.2017

### ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnitřní  
Korekce součinitele prostupu  $dU$  : 0.020 W/m<sup>2</sup>K

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	Rigips RB/RBI/	0,0125	0,2100	960,0	750,0	10,0	0.0000
2	Isover Aku	0,1000	0,0380	800,0	40,0	1,0	0.0000
3	Železobeton 2	0,3000	1,5800	1020,0	2400,0	29,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Rigips RB/RBI/RF/MA (sádkartonové desky)	---
2	Isover Aku	---
3	Železobeton 2	---

#### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru  $R_{si}$  : 0.13 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty  $R_{si}$  : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru  $R_{se}$  : 0.04 m<sup>2</sup>K/W



dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty  $R_{se}$  : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota  $T_e$  : 5.0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu  $T_{ai}$  : 21.0 C  
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu  $R_{He}$  : 80.0 %  
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu  $R_{Hi}$  : 60.0 %

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Teplotný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplotný odpor konstrukce  $R$  : 2.706 m<sup>2</sup>K/W  
Součinitel prostupu tepla konstrukce  $U$  : **0.348 W/m<sup>2</sup>K**

Součinitel prostupu zabudované kce  $U_{kc}$  : 0.37 / 0.40 / 0.45 / 0.55 W/m<sup>2</sup>K  
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce  $Z_p T$  : 4.7E+0010 m/s  
Teplotní útlum konstrukce  $N_y^*$  podle EN ISO 13786 : 164.7  
Fázový posun teplotního kmitu  $\Psi_i^*$  podle EN ISO 13786 : 10.6 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách  $T_{si,p}$  : 19.66 C  
Teplotní faktor v návrhových podmínkách  $f, R_{si,p}$  : **0.917**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně  $R_{si}=0,25$  m<sup>2</sup>K/W.

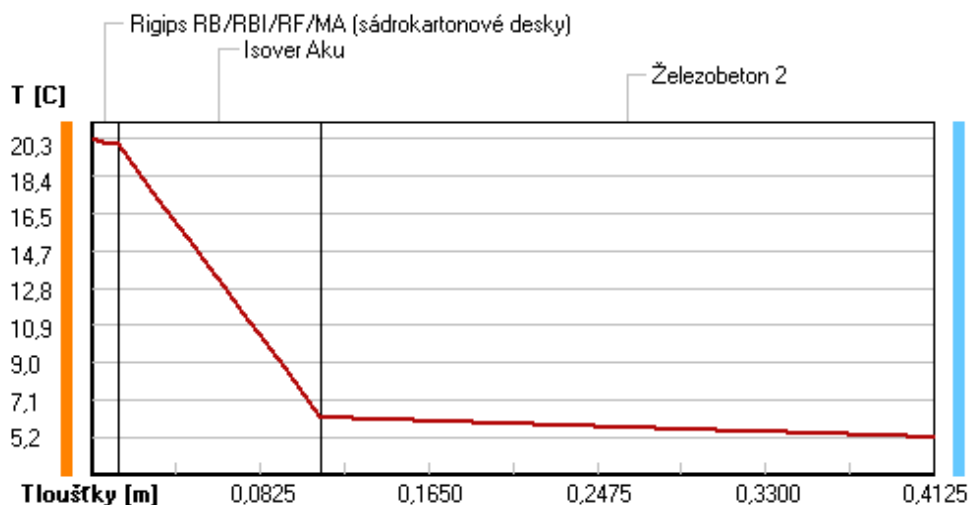
### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

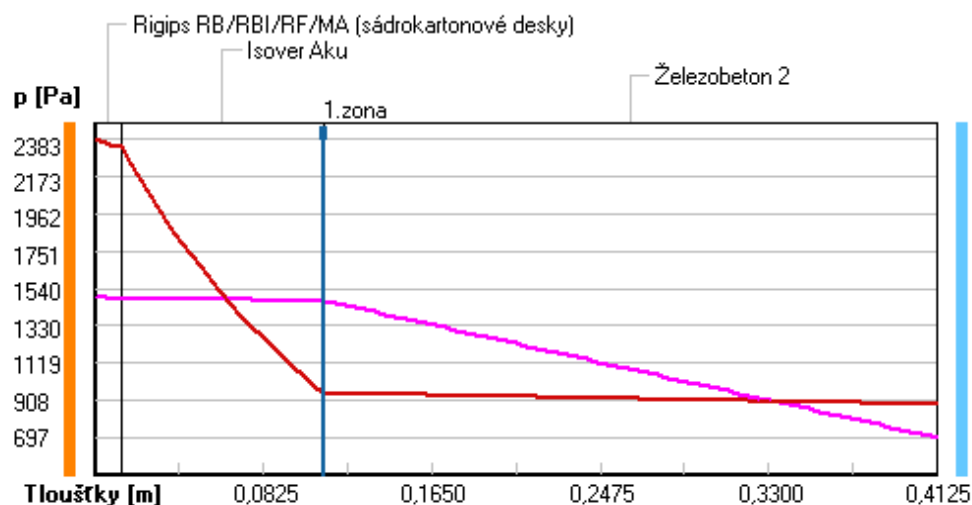
rozhraní:	i	1-2	2-3	e
theta [C]:	20.3	20.0	6.2	5.2
p [Pa]:	1491	1480	1471	697
p,sat [Pa]:	2383	2338	948	885

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

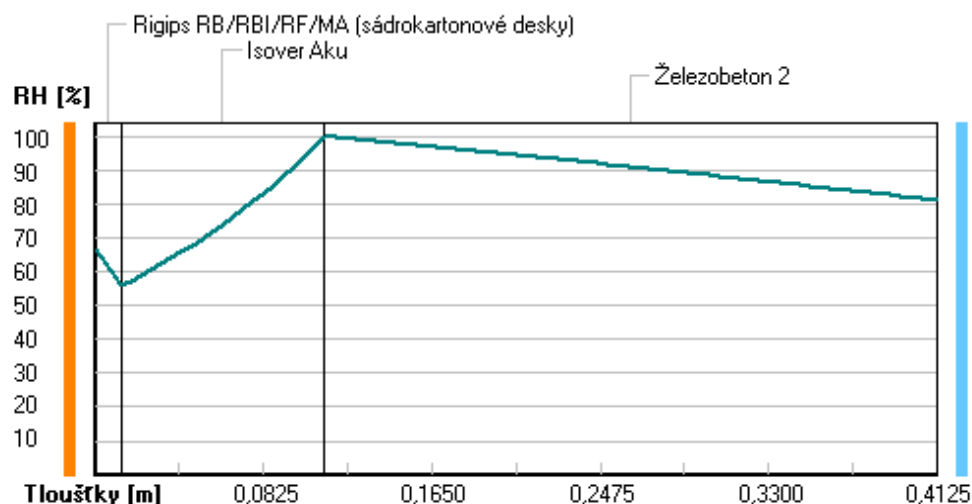
### Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



### Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



### Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.1125	0.1125	4.772E-0007

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok  $M_{c,a}$ : **3.4686 kg/(m2.rok)**

Množství vypařitelné vodní páry za rok  $M_{ev,a}$ : **4.9556 kg/(m2.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 15.0 C.

Poznámka: Vypočtená celoroční bilance má pouze informativní charakter, protože výchozí venkovní teplota nebyla zadána v rozmezí od -10 do -21 C. Uvedený výsledek byl vypočten za předpokladu, že se konstrukce nachází v teplotní oblasti -15 C.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

## KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

**Teplo 2017 EDU**

Název úlohy : **Střešní konstrukce**  
Zpracovatel : Bc. Petra Adamčíková  
Zakázka : Diplomová práce

### ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová  
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m<sup>2</sup>K

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	Fermacell	0,0300	0,3200	1100,0	1150,0	13,0	0.0000
2	Jutafol N AL 1	0,0002	0,3900	1700,0	850,0	938600,0	0.0000
3	Knauf TI 140 U	0,2000	0,0430	840,0	15,0	3,2	0.0000
4	Egger OSB3	0,0220	0,1300	1700,0	600,0	180,0	0.0000
5	Minerální vlák	0,1200	0,0380	880,0	50,0	1,2	0.0000
6	Egger OSB3	0,0220	0,1300	1700,0	600,0	180,0	0.0000
7	Štěrka	0,0600	0,6500	800,0	1650,0	15,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Fermacell	---
2	Jutafol N AL 170 Special	---
3	Knauf TI 140 U	---
4	Egger OSB3	---
5	Minerální vlákna 1 (po roce 2003)	---
6	Egger OSB3	---

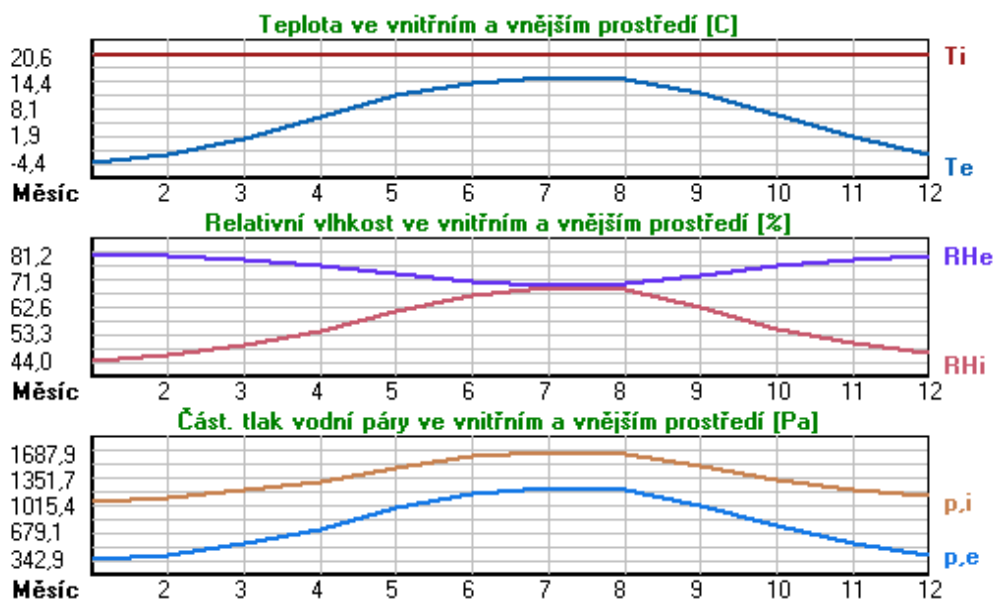
**Okrajové podmínky výpočtu :**

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru  $R_{si}$  : 0.10 m<sup>2</sup>K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty  $R_{si}$  : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru  $R_{se}$  : 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty  $R_{se}$  : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota  $T_e$  : -15.0 C  
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu  $T_{ai}$  : 20.6 C  
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu  $R_{He}$  : 84.0 %  
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu  $R_{Hi}$  : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	$T_{ai}$ [C]	$R_{Hi}$ [%]	$P_i$ [Pa]	$T_e$ [C]	$R_{He}$ [%]	$P_e$ [Pa]
1	31 744	20.6	44.0	1067.1	-4.4	81.2	342.9
2	28 672	20.6	46.4	1125.3	-2.7	80.7	393.5
3	31 744	20.6	49.6	1202.9	1.3	79.4	532.6
4	30 720	20.6	54.3	1316.9	6.1	77.3	727.5
5	31 744	20.6	61.5	1491.5	11.1	74.2	980.0
6	30 720	20.6	67.0	1624.9	14.2	71.7	1160.5
7	31 744	20.6	69.6	1687.9	15.6	70.3	1245.3
8	31 744	20.6	68.8	1668.5	15.2	70.7	1220.6
9	30 720	20.6	62.4	1513.3	11.6	73.9	1008.9
10	31 744	20.6	55.3	1341.1	6.9	76.8	763.8
11	30 720	20.6	50.0	1212.6	1.8	79.2	550.6
12	31 744	20.6	46.8	1135.0	-2.5	80.7	400.2

Poznámka:  $T_{ai}$ ,  $R_{Hi}$  a  $P_i$  jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a  $T_e$ ,  $R_{He}$  a  $P_e$  jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).



Průměrná měsíční venkovní teplota  $T_e$  byla v souladu s EN ISO 13788 snížena o 2 C (orientační zohlednění výměny tepla sáláním mezi střechou a oblohou).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

**VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :****Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:**

Tepelný odpor konstrukce R : 8.334 m<sup>2</sup>K/W  
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.118 W/m<sup>2</sup>K

Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>k</sub> : 0.14 / 0.17 / 0.22 / 0.32 W/m<sup>2</sup>K  
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

#### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce ZpT : 1.0E+0012 m/s  
Teplotní útlum konstrukce Ny\* podle EN ISO 13786 : 425.7  
Fázový posun teplotního kmitu Psi\* podle EN ISO 13786 : 11.0 h

#### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub> : 19.57 C  
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f<sub>Rsi,p</sub> : 0.971

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R<sub>si</sub>=0,25 m<sup>2</sup>K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		T <sub>si</sub> [C]	f <sub>Rsi</sub>	RH <sub>si</sub> [%]
	T <sub>si,m</sub> [C]	f <sub>Rsi,m</sub>	T <sub>si,m</sub> [C]	f <sub>Rsi,m</sub>			
1	11.2	0.626	7.9	0.493	19.9	0.971	46.0
2	12.1	0.633	8.7	0.490	19.9	0.971	48.4
3	13.1	0.610	9.7	0.435	20.0	0.971	51.3
4	14.5	0.577	11.1	0.342	20.2	0.971	55.7
5	16.4	0.558	12.9	0.194	20.3	0.971	62.6
6	17.8	0.555	14.3	0.009	20.4	0.971	67.8
7	18.4	0.552	14.8	-----	20.5	0.971	70.2
8	18.2	0.551	14.7	-----	20.4	0.971	69.5
9	16.6	0.559	13.2	0.174	20.3	0.971	63.4
10	14.7	0.572	11.3	0.323	20.2	0.971	56.7
11	13.2	0.606	9.8	0.427	20.1	0.971	51.7
12	12.2	0.636	8.8	0.491	19.9	0.971	48.8

Poznámka: RH<sub>si</sub> je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T<sub>si</sub> je vnitřní povrchová teplota a f<sub>Rsi</sub> je teplotní faktor.

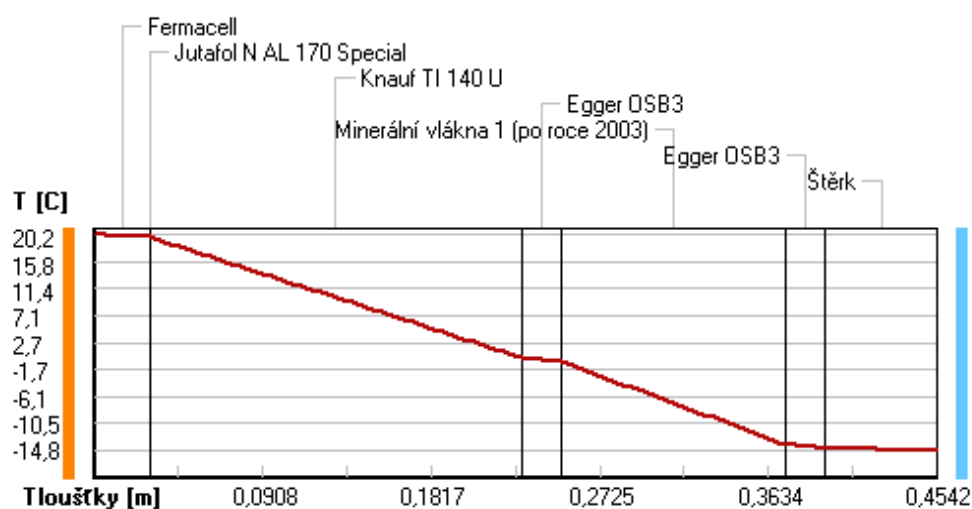
#### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: **(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)**

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

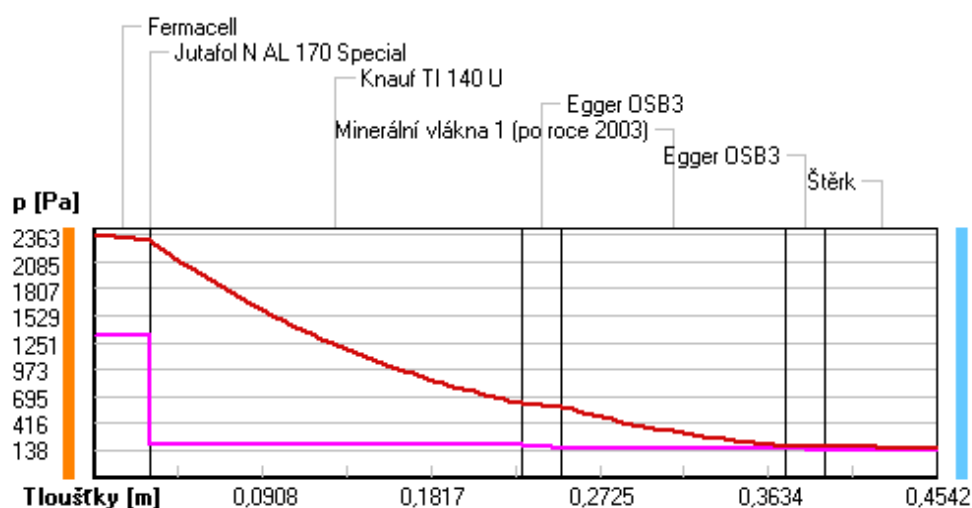
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	e
theta [C]:	20.2	19.8	19.8	0.2	-0.5	-13.7	-14.4	-14.8
p [Pa]:	1334	1331	196	193	169	168	144	138
p <sub>sat</sub> [Pa]:	2363	2306	2306	621	587	185	173	167

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p<sub>sat</sub> je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

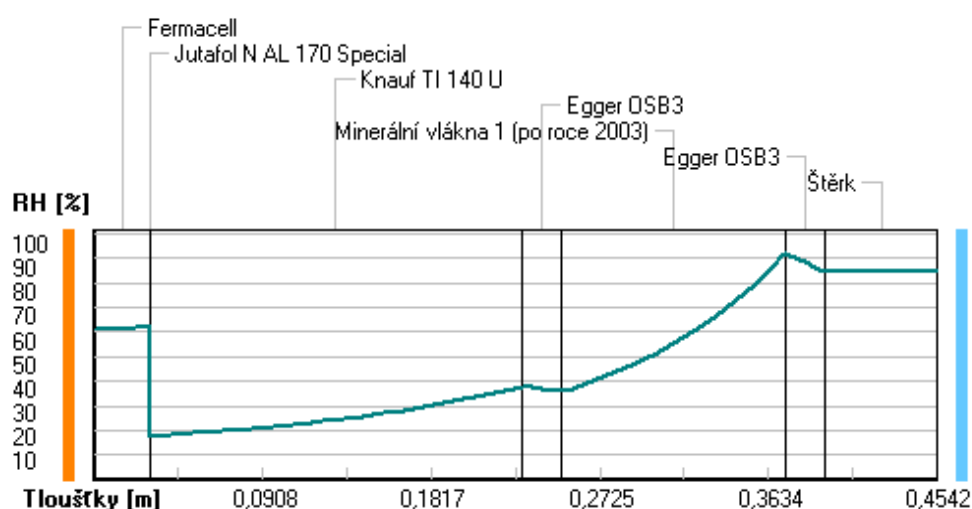
### Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



### Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



### Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



**Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.**

Množství difundující vodní páry  $G_d$  : 1.209E-0009 kg/(m<sup>2</sup>.s)

### **Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:**

Roční cyklus č. 1

**V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.**

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

### **Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):**

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Fermacell	212	122	31	---	---
2	Jutafol N AL 1	212	122	31	---	---
3	Knauf TI 140 U	273	92	---	---	---
4	Egger OSB3	273	92	---	---	---
5	Minerální vlák	---	---	365	---	---
6	Egger OSB3	---	---	365	---	---
7	Štěrka	---	---	334	31	---

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřípustné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

**Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.**